

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-258606

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 F 1/1337

識別記号

F I  
G 0 2 F 1/1337

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 106 頁)

(21) 出願番号 特願平11-16335  
(62) 分割の表示 特願平10-185836の分割  
(22) 出願日 平成10年(1998) 6月11日  
  
(31) 優先権主張番号 特願平9-155437  
(32) 優先日 平 9 (1997) 6月12日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)  
(31) 優先権主張番号 特願平9-230982  
(32) 優先日 平 9 (1997) 8月27日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)  
(31) 優先権主張番号 特願平9-230991  
(32) 優先日 平 9 (1997) 8月27日  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005223  
富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号  
(72) 発明者 武田 有広  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内  
(72) 発明者 小池 善郎  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内  
(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

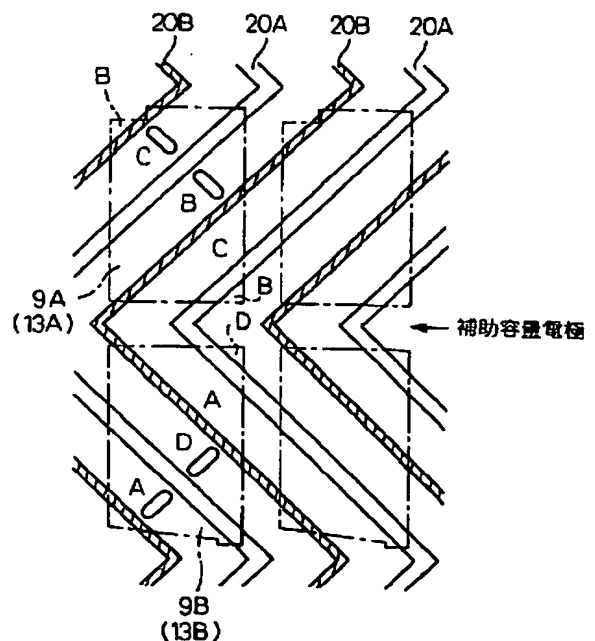
(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 コントラスト、動作速度などは従来と同様に良好なままで、視角特性も良好なVA方式の液晶表示装置の実現。

【解決手段】 基板表面に垂直配向処理を施した第1及び第2の基板12、13間に誘電率異方性が負の液晶14を挟持し、液晶の配向が、電圧無印加時にはほぼ垂直に、所定の電圧を印加した時にはほぼ水平となり、所定の電圧より小さい電圧を印加した時には斜めになる液晶表示装置であって、第1及び第2の基板に液晶の配向方向を規制する第1及び第2のドメイン規制手段を備え、第1及び第2のドメイン規制手段は所定のサイクルでジグザグに屈曲した複数の突起又は窪み又はスリットを所定のピッチで平行に配列した列である液晶表示装置。

図 55



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板表面に垂直配向処理を施した第1及び第2の二枚の基板間に誘電率異方性が負の液晶を挟持し、前記液晶の配向が、電圧無印加時にはほぼ垂直に、所定の電圧を印加した時にはほぼ水平となり、前記所定の電圧より小さい電圧を印加した時には斜めになる配向の液晶表示装置であって、

前記第1及び第2の基板に設けられ、前記所定の電圧より小さい電圧を印加した時に前記液晶が斜めになる配向方向を規制する第1及び第2のドメイン規制手段を備え、

前記第1のドメイン規制手段は、前記第1の基板に設けられ、ジグザグに屈曲した複数の突起又は窪み又はスリットあるいはそれらの内の組合せが、平行に配列された第1の突起又は窪み又はスリットの列であり、

前記第2のドメイン規制手段は、前記第2の基板に設けられ、ジグザグに屈曲した複数の突起又は窪み又はスリットあるいはそれらの内の組合せが、平行に配列された第2の突起又は窪み又はスリットの列であることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】 請求項1に記載の液晶表示装置であって、

前記第1の突起又は窪み又はスリットの列及び第2の突起又は窪み又はスリットの列は所定のピッチで配列されており、前記所定のピッチは、前記画素の配列ピッチの整数分の1である液晶表示装置。

【請求項3】 請求項1に記載の液晶表示装置であって、

前記第1の突起又は窪み又はスリットの列及び第2の突起又は窪み又はスリットの列は所定のサイクルで屈曲しており、前記所定のサイクルは、前記画素の配列ピッチの整数分の1である液晶表示装置。

【請求項4】 請求項1又は2に記載の液晶表示装置であって、

前記第1及び第2の基板の突起又は窪み又はスリットの列は、前記所定のピッチの半ピッチずれて配置されている液晶表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示装置（LCD: Liquid Crystal Display）に関し、特にVA（Vertically Aligned）型LCD（VAモードLCD）で配向分割を実現する技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】CRTの画像品質に匹敵するフラットパネルディスプレイの中で、現在もっとも広く使用されているのが液晶表示装置（LCD）である。特に、TFT（Thin Film Transistor）方式のLCD（TFT-LCD）は、パーソナルコンピュータ、ワープロ、OA機器

2

などの民生用機器や携帯テレビジョン等の家電機器への応用により、市場の一層の拡大が期待されている。これに伴って、画像品質の一層の向上が要望されている。以下、TFT-LCDを例として説明するが、本発明はTFT-LCDに限らず、単純マトリクス型のLCDやプラズマアドレス型のLCDにも適用可能であり、一般的にそれぞれに電極が形成された一对の基板間に液晶を挟持し、それぞれの基板の電極間に電圧を印加することで表示を行うLCDに適用可能なものであって、TFT-LCDに限定されるものではない。

【0003】現在、TFT-LCDでもっとも広く使用されている方式はノーマリホワイトモードのTN（Twisted Nematic）型LCDである。図1はTN型LCDのパネル構造と動作原理を説明する図である。図1に示すように、ガラス基板上に形成した透明電極12と13の上に配向膜を付け、上下基板で液晶分子の配向方向が90°異なるようなラビング処理を行い、TN液晶を挟む。液晶の持つ性質から配向膜に接触した液晶は配向膜の配向方向に沿って並び、その液晶分子に沿って他の液晶分子が配向するため、図1の（1）に示すように、液晶分子の方向が90°振じれる形で配向する。電極12と13の両側に、配向膜の配向方向と平行に2枚の偏光板11と15を配置する。

【0004】このような構造のパネルに無偏光の光10が入射すると、偏光板11を通過した光は直線偏光となり液晶に入る。液晶分子は90°振じれて配向されているので、入射した光も90°振じれて通過するため、下の偏光板15を通過できる。この状態が明状態である。次に、図1の（2）に示すように、電極12と13に電圧を印加して液晶分子に電圧を印加すると、液晶分子が直立して振がとれる。ただし、配向膜表面では配向規制力の方が強いので、液晶分子の配向方向は配向膜に沿ったままである。このような状態では、液晶分子は通過する光に対しては等方的であるため、液晶層に入射された直線偏光の偏光方向の回転は生じない。従って、上の偏光板11を通過した直線偏光は下の偏光板15を通過できず、暗状態になる。この後、再び電圧を印加しない状態にすると配向規制力により表示は明状態に戻る。

【0005】TN型TFT-LCDの製造技術は近年において格段の進歩を遂げ、正面でのコントラスト・色再現性などはCRTを凌駕するまでに至っている。しかし、TN-LCDには視野角が狭いという大きな欠点があり、そのために用途が限定されるという問題があった。図2はこの問題を説明する図であり、（1）が電圧を印加しない白表示の状態であり、（2）が中間の電圧を印加した中間調を表示する状態であり、（3）が所定の電圧を印加した黒を表示する状態である。図2の

（1）に示すように、電圧を印加しない状態では液晶分子は同じ方向に、ごく僅かの傾斜角（1°～5°程度）をもって配向している。実際には図1の（1）に示すよ

(3)

3

うに振じれているが、ここでは便宜上図示のように示した。この状態ではどの方位でもほぼ白に見える。また、図2の(3)に示すように、電圧を印加した状態では、配向膜の近傍を除いた途中の液晶分子は垂直方向に配向されるため、入射した直線偏光は振じれず黒に見える。この時、画面に斜めに入射する光は、垂直方向に配向された液晶分子を斜めに通過するため偏光方向がある程度振じれ、完全な黒でなく中間調(グレイ)に見える。図2の(2)に示すように、(3)の状態より低い中間の電圧を印加した状態では、配向膜の近傍の液晶分子はやはり水平方向に配向されるが、セルの中間部では液晶分子が途中まで立ち上がる。そのため、液晶の複屈折性がいくぶん失われ、透過率が低下して中間調(グレイ)表示になる。しかし、これは液晶パネルに対して垂直に入射した光についてのみであることで、斜めに入射した光、すなわち図の左と右の方向から見た場合で様子が異なる。図示のように、右下から左上に向かう光に対しては液晶分子は平行に配向されることになる。従って、液晶はほとんど複屈折効果を発揮しないため左側から見ると黒く見えることになる。これに対して、左下から右上に向かう光に対しては液晶分子は垂直に配向されるので、液晶は入射した光に対して大きな複屈折効果を発揮し、入射した光は振じれるので、白に近い表示になる。このように、表示状態に視角依存が生じる点がTN-LCDの最大の欠点である。

【0006】このような問題を解決するため、特公昭53-48452号公報、特公平1-120528号公報などにはIPS型と呼ばれる方式のLCDが提案されている。図3は、IPS型LCDを説明する図であり、

(1)は電圧を印加しない時の側面図であり、(2)は電圧を印加しない時の上面図であり、(3)は電圧を印加した時の側面図であり、(4)は電圧を印加した時の上面図である。IPS型では、図3に示すように、一方の基板17にスリット状電極18、19を形成し、スリット電極間のギャップ部の液晶分子を横電界によって駆動させる。液晶14として正の誘電異方性を有する材料を用い、電界を印加しない時には、液晶分子の長軸を電極18、19の長手方向に対してほぼ平行にホモニアス配向させようように、配向膜をラビングする。ここに示した例では、電圧印加時における液晶分子の配向方向の変化方向(回転方向)を一定とするため、液晶分子をスリット電極の長手方向に対して15°の方位にホモニアス配向している。この状態でスリット電極間に電圧を印加すると、図3の(3)に示すように、スリット電極付近では誘電異方性を有する液晶分子がその長軸がスリット電極の長手方向に対して90°になるように配向方向を変化させる。しかし、他方の基板16には液晶分子をスリット電極の長手方向に対して15°の方位に配向するように配向処理されているため、基板16の近傍の液晶分子は長軸が電極18、19の長手方向に対してほ

4

ぼ平行に配向されており、上の基板16から下の基板17に向かって液晶分子が振じれて配向されることになる。このような液晶表示装置において、偏光板11と15を基板16と17の上下に透過軸を互いに直交させて配置し、一方の偏光板の透過軸を液晶分子長軸に平行とすることにより、電圧無印加時には黒表示、電圧印加時には白表示が実現できる。

【0007】上記のように、IPS方式では、液晶分子を立ち上げさせず、横方向にスイッチングする点に特徴がある。TN方式のように、液晶分子を立たせると視角方向によって複屈折性が異なり不具合が生じる。横方向にスイッチングを行えば方向によって複屈折性はあまり変化しないため、非常に良好な視角特性が得られる。しかし、IPS方式には別の問題点が存在する。まず、応答速度が非常に遅いという点である。応答速度が遅い理由は、通常のTN方式が電極間ギャップ5μmでスイッチングしているのに対して、IPS方式は10μm以上であるためと考えられる。電極間隙を狭めれば応答速度を高くすることができるが、方式上隣接する電極には逆極性の電界を加える必要があり、電極間隙を小さくするとショートを起こして表示欠陥となり易いので、電極間隙をあまり小さくすることはできない。また、電極間隙を小さくすると、表示部分における電極部分が占める面積比率が大きくなり、透過率を高くできないという問題も生じる。

【0008】このように、IPS方式ではスイッチングが遅く、現状では動きの速い動画を表示すると、画像が流れるなどの不具合が発生する。そのため、実際のパネルでは、応答速度を改善するために図3の(2)及び

(4)に示すように、電極に対して平行にラビングするのではなく、15°程度ずらした方向にラビングしている。平行配向させる場合、単に配向膜を塗布しただけでは、液晶の分子が左右自在な方向に配列して液晶分子を所定の方向に配向させることができない。そこで、所定の方向に配向するように配向膜の表面を一定方向に擦り、液晶分子をその方向に配列させるラビング処理を行う。IPS方式でラビング処理を行う場合、電極に平行にラビング処理すると、電極間中央付近の液晶分子は電圧を印加された場合に回転する方向が左か右か定まり難しく、応答が遅れる。そこで、図3の(2)及び(4)に示すように、15°程度ずらしてラビング処理を施すことで左右の均等性を崩している。しかし、このようにラビング処理の方向をずらしても、IPS方式の応答速度はTN方式の応答時間の2倍であり、非常に遅いという問題がある。しかも、このように15°程度ずらしてラビング処理を施すことにより視角特性が左右均等にならない。また、IPS方式においては、特定の視野角で階調反転が発生する。この問題を図4から図6を参照して説明する。

【0009】図4は、液晶表示装置(ここではIPS方

5

式)の観察における座標系を定義する図である。図示のように、極角 $\theta$ 、方位角 $\phi$ が基板16と17、電極18と19、液晶分子14に対して定義される。図5は、パネルの階調反転特性を示す図であり、白状態から黒状態までを8階調に区切って表示を行い、極角 $\theta$ ならびに方位角 $\phi$ を変化させて輝度変化を調べた時に、階調反転の生じる領域を示している。図中、斜線及びクロス斜線で示す4つの部分に反転が生じる。図6は白反転と黒反転がそれぞれ生じる方位( $\phi=75^\circ, 135^\circ$ )において、極角 $\theta$ に対する8階調表示の輝度変化の一例を示す図である。白反転は、輝度の高い側の階調段階、すなわち白輝度が極角 $\theta$ の増加に伴って低下することによって生じる。黒反転は、黒輝度が極角 $\theta$ の増加に従って上昇することによって生じる。このように、IPS方式では、4方位について階調反転が生じるという問題が発生する。更に、IPS方式はTN方式に比べて製造が難しいという問題がある。このように、IPS方式は視角特性と引換えに透過率、応答速度、生産性など他の特性を犠牲にしているといえる。

【0010】以上説明したように、TN方式の視角特性の問題を解決するものとして提案されているIPS方式は、視角特性以外の特性の点で十分でないという問題があった。そこで、垂直配向膜を使用するVA(Vertically aligned)方式(VAモード液晶)が提案されている。VA方式では、TN方式のような旋光モードではなく複屈折モードとなる。図7はVA方式を説明する図である。VA方式は、負の誘電率異方性を有するネガ型液晶材料と垂直方向の配向膜を組み合わせた方式で、図7の(1)に示すように、電圧無印加時には液晶分子は垂直方向に配向し、黒表示になる。図7の(3)に示すように、所定の電圧を印加すると液晶分子は水平方向に配向し、白表示になる。VA方式は、TN方式に比べて表示のコントラストが高く、黒白レベル応答速度も速い。VA方式は、以上のような理由で新しい液晶表示装置の方式として注目されている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、VA方式で中間調表示を行う場合には、表示状態の視角依存が生じるというTN方式と同様の問題がある。VA方式で中間調を表示する場合には、白表示の時より小さな電圧を印加するが、その場合図7の(2)に示すように、液晶分子は斜めの方向に配向することになる。この場合、図示のように、右下から左上に向かう光に対しては液晶分子は平行に配向されることになる。従って、液晶はほとんど複屈折効果を発揮しないため左側から見ると黒く見えることになる。これに対して、左下から右上に向かう光に対しては液晶分子は垂直に配向されるので、液晶は入射した光に対して大きな複屈折効果を発揮し、白に近い表示になる。このように、表示状態の視角依存が生じるという問題があった。VA方式は、電圧無印加時も配向膜

(4)

6

近傍の液晶分子がほぼ垂直なためTN方式より格段にコントラストが高く、視角特性にも優れているが、視角特性という面ではIPS方式よりも劣る場合もあった。

【0012】TN方式において、画素内における液晶分子の配向方向を異なる複数の方向とすることにより、液晶表示装置(LCD)の視角特性が改善されることが知られている。一般にTN方式では、基板面に接する液晶分子の配向方向(プレチルト角)は配向膜に施すラビング処理の方向で規制される。ラビング処理は、レーヨンなどの布により配向膜の表面を一方方向に擦る処理であり、液晶分子はすり跡の方向に沿って配向する。従って、画素内でラビング処理の方向を異ならせれば視角特性を改善できる。図8は、ラビング処理の方向を画素内で異ならせる方法を示す図である。図示のように、ガラス基板16(電極などは省略している。)に配向膜22を形成する。これに、回転するラビングロール201を接触させ、一方方向にラビング処理を行う。次に配向膜22の上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィで所定のパターンを露光して現像する。これにより、図示のようなパターン化されたレジストの層202が形成される。次に、上記とは逆の方向に回転するラビングロール201を接触させ、パターンの開いた部分のみ逆方向にラビング処理される。このようにして、画素内に異なる方向にラビング処理された複数の領域が形成され、液晶の配向方向が画素内で複数の方向になる。なお、ラビングロール201に対して、配向膜22を回転させれば、任意の異なる方向にラビング処理することが可能である。

【0013】ラビング処理は広く使用されるが、上記のように配向膜の表面を擦って傷を付ける処理であり、ゴミが発生しやすいという問題がある。また、TN方式では、液晶分子のプレチルト角を規制する別の方法として、電極上に凹凸パターンを設けることが知られている。電極の近くの液晶分子は、凹凸パターンの表面に沿って配向する。

【0014】VA方式においても、液晶分子の配向方向を画素内で複数の異なる方向に分割することにより、視角特性が改善されることが知られている。特開平6-301036号公報は、対向電極の画素電極の中央に向き合う部分に開口部を設けることにより、画素中央部に電界が傾斜した部分を生じさせ、液晶分子の配向方向を2方向又は4方向に分割するVA方式の液晶表示装置を開示している。しかし、特開平6-301036号公報に開示された液晶表示装置では、応答速度が遅いという問題があり、特に電圧を印加していない状態から印加する状態に変化する時の応答速度が遅いということが分かった。これは、画素内に形成される配向方向が連続した領域の長さが、画素の長さの半分程度であるため、領域内のすべての液晶の配向が揃うまで時間を要するためと思われる。



(5)

7

【0015】また、特開平7-199193号公報は、電極上に方向の異なる傾斜面を設けることにより液晶の配向方向を画素内で複数の領域に分割するVA方式の液晶表示装置を開示している。しかし、開示された構成では、傾斜面が画素全体に設けられているため、電圧を印加しない時には配向面に接触する液晶は全て傾斜面に沿って配向されるため、完全な黒表示を得ることができず、コントラストが低下するという問題が生じた。また、傾斜面が画素全体に設けられているため、傾斜面が緩く、液晶の配向方向を規定するには十分とはいえないことが分かった。傾斜面を急峻にするには構造物を厚くする必要があるが、誘電体の構造物を厚くすると装置の動作中に構造物に電荷が蓄積され、蓄積された電荷のために電極間に電圧を印加しても液晶分子の方向が変化しないという、いわゆる焼き付きと言われる現象が生じることが分かった。

【0016】このように、VA方式の液晶表示装置においては、視角特性を改善するための画素内での配向分割を実現する場合に、各種の問題があった。本発明の目的は、VA方式の液晶表示装置における視角特性を改善することであり、コントラスト、動作速度などは従来と同様に良好なままで、視角特性もIPS方式と同程度かそれ以上に良好なVA方式の液晶表示装置を実現することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】図9は、本発明の原理を説明する図である。図9に示すように、本発明によれば、従来の垂直配向膜を使用し、液晶材料としてネガ型液晶を封入したVA方式において、電圧を印加した時に、液晶が斜めに配向される配向方向が、1画素内において、複数の方向になるように規制するドメイン規制手段を設ける。ドメイン規制手段は2枚の基板の少なくとも一方に設ける。また、ドメイン規制手段として機能するものとしては各種あるが、少なくとも1つのドメイン規制手段は、斜面を有するものである。なお断面が長方形で基板に対して略垂直に立ち上がる面も斜面に含まれるものとする。図9では、ドメイン規制手段として、上側基板の電極12を1画素内でスリットを有する電極とし、下側基板の電極13の上には突起20を設けている。

【0018】図9の(1)に示すように、電圧を印加しない状態では液晶分子は基板表面に対して垂直に配向する。中間の電圧を印加すると、図9の(2)に示すように、電極スリット部(電極エッジ部)で基板表面に対して斜めの電界が発生する。また、突起部20の液晶分子は、電圧無印加の状態からわずかに傾斜する。この突起の傾斜面と斜め電界の影響で液晶分子の傾斜方向が決定され、突起20とスリットの真ん中で液晶の配向方向が分割される。この時、例えば真下から真上に透過する光は液晶分子が多少傾斜しているため、若干の複屈折の影

8

響を受け、透過が抑えられ、グレイの中間調表示が得られる。右下から左上に透過する光は液晶が左方向に傾斜した領域では透過しにくい、右方向に傾斜した領域では非常に透過し易い、平均するとグレイの中間調表示が得られる。左下から右上に透過する光も同様の原理でグレイ表示となり、全方位で均一な表示が得られる。更に、所定の電圧を印加すると液晶分子はほぼ水平になり、白表示が得られる。従って、黒、中間調、白の表示状態のすべての状態において、視角依存性の少ない良好な表示が得られる。

【0019】ここで、図10は、電極上に設けた誘電体の突起による配向の生成を説明する図である。なお、本明細書での「誘電体」は、低誘電性の絶縁物である。図10を参照しながら突起による配向について考察してみる。電極12と13の上には、互い違いに突起が形成されており、その上に垂直配向膜22が設けられている。使用している液晶はネガ型であるから、図10の(1)に示すように、電圧無印加時には、垂直配向膜22のため、液晶分子は基板表面に対して垂直に配向する。この場合、垂直配向膜にはラビング処理を施す必要はない。突起20の部分の、液晶分子もその斜面に垂直に配向しようとするので、突起の部分の液晶分子は傾斜する。しかし、電圧無印加時には、突起の部分を除くほとんどの部分では、液晶分子は基板表面に対してほぼ垂直に配向するため、図9の(1)に示すように、良好な黒表示が得られる。

【0020】電圧印加時には、液晶層内の電極面に沿った等電位分布は図10の(2)(a)に示すようになっており、突起のない部分では基板に平行(電界は基板に垂直)であるが、突起の近傍では傾斜する。電圧を印加すると、図7の(2)に示すように、液晶分子は電界の強度に応じて傾斜するが、電界は基板に垂直な向きであるため、ラビングによって傾斜方向を規定していない場合には、電界に対して傾斜する方位は360°のすべての方向があり得る。ここで、図10の(1)のようにあらかじめ傾斜している液晶分子があると、その周囲の液晶分子もその方向に沿って傾斜するので、ラビング処理を施さなくとも突起の表面に接する液晶分子の方位で突起間隙部の液晶分子の傾斜する方向まで規定する事ができる。図10の(2)に示すように、突起の部分では電界は突起の斜面に平行になる方向に傾いており(すなわち、等電位線は斜面に垂直となる方向であり)、電圧が印加されるとネガ型液晶分子は電界に垂直な方向に傾くが、この方向は突起のためにもともと傾斜している方向と一致しており、より安定方向に配向することになる。このように、突起が形成されるとその傾斜と突起近くの斜めの電界の両方の効果によって安定した配向が得られる。更に強い電圧が印加されると、液晶分子は基板にほぼ平行になる。

【0021】以上のように、突起は電圧を印加した時の

9

液晶分子の配向する方位を決定するトリガの役割を果たしており、大きな面積の斜面、例えば画素全面に渡りうなものは必要ない。ただし、小さすぎても傾斜と電界の効果が得られなくなってしまう。従って、材料・形状に応じて幅を定める必要があるが、 $5\mu\text{m}$ 幅では十分な効果が得られており、最低でも例えば $5\mu\text{m}$ 程度以上が必要であると考えられる。小さな斜面であれば、突起の高さ（厚さ）を小さくしても急峻な斜面を形成することができるので、液晶の配向方向を十分に規制できる。また、小さな斜面であれば、電圧無印加時には突起の部分を除くほとんどの部分では、液晶分子は基板表面に対して垂直に配向しており、ほぼ完全な黒表示になるので、コントラストを高くすることができる。更に、ドメイン規制手段として斜面を使用しているため、電圧を印加しない時でもドメイン規制手段に接する液晶はあらかじめ所定の方角を向いており、電圧を印加した時にはこの部分の液晶をトリガとして他の部分の液晶は直ちに方向を変化させるので、動作速度も良好である。

【0022】液晶の配向が斜めになる方向はドメイン規制手段により決定される。図11は、ドメイン規制手段として突起を使用した場合の配向方向を示す図である。図11の(1)は、2つの斜面を有する土手であり、土手を境に $180^\circ$ 異なる2つの方向に配向される。図11の(2)は四角錐であり、四角錐の頂点を境に $90^\circ$ ずつ異なる4つの方向に配向される。図11の(3)は半球であり、液晶の配向は、基板に垂直な半球の軸を中心として、回転対称になる。図11の(3)であれば、全視角に対して同じ表示状態になる。しかし、ドメインの数及び向きは多ければ多いほどよいというものではない。偏光板の偏光方向との関係で、斜めの液晶の配向が回転対称になる場合には、光の利用効率が低いという問題が生じる。これは、液晶が放射状に無段階にドメインを形成した場合、偏光板の透過軸及び吸収軸の方向の液晶はロスとなり軸に対して $45^\circ$ 方向の液晶がもっとも効率がよいためである。光の利用効率を高めるためには、液晶の配向が斜めになる方向が、主として4つ以下の方向であり、4つの方向の場合には液晶表示装置の表示面への投影成分が $90^\circ$ ずつ異なる方向になるようにすることが望ましい。

【0023】図9では、ドメイン規制手段として、上側基板の電極12を1画素内でスリットを有する電極とし、下側基板の電極13の上には突起20を設けているが、他の手段でも実現できる。図12はドメイン規制手段を実現する例を示す図であり、(1)は電極形状のみで実現する例を示し、(2)は基板表面の形状を工夫する例を示し、(3)は電極形状と基板表面の形状を工夫する例を示す。この例のいずれでも図9に示す配向が得られるが、それぞれの構造は多少異なる。

【0024】図12の(1)では、両側あるいは片側の基板のITO電極12、13にスリットを設ける。基板

(6)

10

表面には垂直配向処理を施し、ネガ型液晶を封入する。電圧を印加しない状態では、液晶分子は基板表面に対して垂直に配向するが、電圧を印加すると電極スリット部（電極エッジ部）で基板表面に対して斜めの方向の電界が発生する。この斜めの電界の影響で液晶分子の傾斜方向が決定され、図示のように左右方向に液晶の配向方向が分割される。この例では電極のエッジ部に生じる斜めの電界で液晶を左右方向に配向するので、斜め電界方式と呼ぶこととする。ただし、この方式は、前述のように、電極間に電圧を印加しない時には斜め電界が生じないので液晶の方向が規定されず、電圧無印加状態から電圧印加状態に変化する時の応答速度が低いという問題がある。

【0025】図12の(2)では、両側の基板上に突起20を設ける。(1)の場合と同様に、基板表面には垂直配向処理を施し、ネガ型液晶を封入する。電圧を印加しない状態では液晶分子は基本的には基板表面に対して垂直に配向するが、突起の傾斜面上では若干の傾斜を持って配向する。電圧を印加すると液晶分子はその傾斜方向に配向する。また、突起に絶縁物を用いると電界が遮断され（斜め電界と方式に近い状態：電極にスリットを設けたのと同じ）、更に安定な配向分割が得られる。この方式を両面突起方式と呼ぶこととする。

【0026】図12の(3)は、(1)と(2)の方式を組み合わせた例で、説明は省略する。以上ドメイン規制手段として突起とスリットの例を示したが、いろいろな変形例が可能である。例えば、図12の(1)で、スリット部を窪ませ、その部分を傾斜面とすることも可能である。図12の(2)で、突起を絶縁性の材料で作る代わりに、基板上に突起を設け、基板及び突起の上にITO電極を形成するようにすることにより、突起を有する電極にすることも配向を規制できる。また、突起の代わりに窪みとすることも可能である。更に、説明したドメイン規制手段を片側の基板のみに設けることも可能であり、両方の基板に設ける場合にはいずれの組み合わせを用いることも可能である。また、突起又は窪みは、傾斜面を有するようにすることが望ましいが、垂直な面でも効果がある。

【0027】突起の場合、黒表示をすると突起間隙部は黒表示でも突起部分では厳密には光が漏れる。このような部分的な表示の差は微視的であり肉眼では判別できないが、全体の表示はそれらの平均になり、黒表示の表示濃度が若干低下してコントラストを低下させる。従って、突起を可視光を通過させない材料で作ることにより、コントラストを更に向上させることができる。

【0028】ドメイン規制手段を片側又は両側の基板に形成する場合には、突起又は窪み又はスリットを、所定のピッチで一方向の格子状に形成することが可能である。この場合、各突起又は窪み又はスリットを所定のサイクルで屈曲した複数本の突起又は窪み又はスリットと

することにより、配向分割をより安定的に行うことが可能である。また、両側の基板に突起又は窪み又はスリットを配置する場合には、それらを半ピッチずれて配置するようにする事が好ましい。

【0029】ここで、特開平6-301036号公報に開示された液晶表示装置では、対向電極にのみ開口（スリット）を設けるので、ドメイン領域をあまり小さくできない。これに対して、本発明では、画素電極と対向電極の両方にスリットを設けるのでドメイン領域を任意の形状・大きさにすることができる。上下二枚の基板の一方の側には突起又は窪みを2次元の格子状に形成し、他方の側には2次元の格子の中心に対向するように突起又は窪みを配置することも可能である。

【0030】いずれにしろ、上記の配向分割が1画素内で生じることが必要であり、突起又は窪み又はスリットのピッチは1画素のピッチより小さくする必要がある。本発明を適用したLCDの特性を調べた結果によれば、視角特性は非常に優れており、TN方式はもちろんのこと、IPS方式と比較しても同等以上の視角特性が得られた。正面から見た時の特性も非常に優れており、コントラスト比400以上（これはTN方式の2倍以上である。）であった。透過率はTN方式が30%、IPS方式が20%で、本発明は25%であり、TN方式には劣るものの、IPS方式よりは優れていた。また、応答速度（応答時間）は他の方式より圧倒的に速かった。例えば、同等のパネルであれば、TN方式では、オン速度（オン時間） $\tau_{on}$ （0V→5V）が23ms、オフ速度（オフ時間） $\tau_{off}$ （5V→0V）が21msで、応答速度（ $\tau_{on} + \tau_{off}$ ）は44msであり、IPS方式では、オン速度 $\tau_{on}$ が42ms、オフ速度 $\tau_{off}$ が22msで、応答速度は64msであったが、例えば、本発明の突起を用いた方式では、オン速度 $\tau_{on}$ が9ms、オフ速度 $\tau_{off}$ が6msで、応答速度は15msで、TN方式の2.8倍、IPS方式の4倍高速で、動画表示などにも何ら問題ない速度（応答性）であった。

【0031】更に、本発明の方式では、電圧無印加時に垂直配向、電圧印加時に突起又は窪み又は斜め電界が液晶の傾斜方向を決めるため、通常のTN方式やIPS方式のようにラビング処理を行う必要がない。パネル製造工程においてラビング工程はもっともゴミの出やすい工程であり、ラビング後には必ず基板洗浄（水やIPAなどで洗浄する。）が必要であるが、配向膜を損傷することがあり、配向不良の原因となっていた。これに対して、本発明ではラビング工程が必要ないので基板洗浄工程は必要ない。

#### 【0032】

【発明の実施の形態】図13は、本発明の第1実施例の液晶パネルの全体構成を示す図である。図13に示すように、第1実施例の液晶パネルは、TFT型のLCD

で、一方のガラス基板16には対向（コモン）電極12が形成されており、他方のガラス基板17には平行に形成された複数本のスキャンバスライン31、スキャンバスラインに垂直な方向に平行に形成された複数本のデータバスライン32、スキャンバスラインとデータバスラインの交点に対応してマトリクス状に設けられたTFT33及び画素（セル）電極13が設けられており、各基板の表面は垂直配向処理が施されており、2枚の基板の間にはネガ型の液晶が封止されている。ガラス基板16は、カラーフィルタが形成されるのでカラーフィルタ基板（CF基板）と呼ばれ、ガラス基板17はTFT基板と呼ばれる。TFT-LCDの詳しい説明については省略し、ここでは本発明の特徴である電極部分の形状について説明する。

【0033】図14は、本発明の第1実施例のパネル構造を示す図であり、（1）は斜めから見た状態を模式的に示す図であり、（2）は側面図である。また、図15は第1実施例における突起パターンの画素との関係を示す図であり、図16は第1実施例の液晶パネルの表示領域外における突起パターンを示す図であり、図17は第1実施例の液晶パネルの断面図である。

【0034】図17に示すように、CF基板16の液晶に面する側の表面には、ブラックマトリクス層34、カラーフィルタ39、コモン電極をなすITO膜12、及び等ピッチで平行な突起20Aが形成される。なお、この上に更に垂直配向膜が形成されるが、ここでは省略してある。TFT基板17の液晶に面する側の表面には、ゲートバスラインをなすゲート電極31、CS電極（蓄積容量電極）35、絶縁膜43、40、データバスラインをなす電極、画素電極をなすITO膜13、及び等ピッチで平行な突起20Bが形成される。なお、TFT基板でも更に垂直配向膜が形成されるが、ここでは省略してある。参照番号41と42は、それぞれTFTのソースとドレインである。本実施例では、突起20Aと20BはTFT平坦化材（ボジ型レジスト）で作成した。

【0035】図14の（1）に示すように、突起パターン20Aと20Bは、それぞれ1方向に延びる等ピッチで配置された平行なパターンであり、半ピッチずれて配置されている。従って、図14（2）に示すような構造が実現され、図9で説明したように、2つの領域に配向分割される。このような突起パターンの画素に対する関係は図15に示される。図15に示すように、一般にカラー表示の液晶表示装置では、R、G、Bの3つの画素で1つのカラー画素が形成される。カラー画素が上下同じピッチで配列されるように、R、G、Bの各画素の横幅を縦幅の約1/3にしている。画素は画素電極の範囲であり、配列された画素電極の間には、横方向にゲートバスライン（突起20Bの下に隠れている。）が、縦方向にデータバスライン32が設けられており、ゲートバスライン31とデータバスライン32の交点付近にTFT

(8)

13

T33が設けられ、各画素電極が接続される。各画素電極13のゲートバスライン31とデータバスライン32とTFT33の対向側には遮光のためのブラックマトリクス34が設けられている。参照番号35は、表示の安定のために設けられる補助容量を形成するためのCS電極を示し、CS電極は遮光性があるために、画素電極13のCS電極の部分は画素として作用しない。従って、画素は上側の13Aと下側の13Bの部分に分けられる。

【0036】画素13Aと13B内では、それぞれ突起20Aが3本走り、突起20Bが4本走り、突起20Bが上側に、突起20Aが下側に位置する第1の領域と、突起20Aが上側に、突起20Bが下側に位置する第2の領域がそれぞれ3個ずつ形成される。従って、画素13Aと13Bを合わせた1つの画素では、第1と第2の領域がそれぞれ6個ずつ形成される。

【0037】図16に示すように、液晶パネルの周辺部においては、一番端の画素の外側にも突起パターン20Aと20Bが設けられ、また突起パターン20Aと20Bは一番端の画素の外側にまで延びている。これは最外部の画素について、内部の画素と同じように配向分割が行われるようにするためである。また、図18は、第1実施例の液晶パネル100における液晶の注入口の位置を示す図である。後述するように、液晶パネルの組み立て工程で、CF基板とTFT基板を貼り合わせた後、液晶を注入するが、VA型TFT方式のLCDはセル厚が狭く、液晶注入の時間が長くなるが、突起を設けるため一層液晶注入の時間が長くなる。液晶注入の時間をできるだけ短くするには、図18の(1)に示すように、周期的に平行に配置された突起20の配列方向の垂直な辺に、液晶の注入口102を設けることが望ましい。なお、参照番号101はシール線である。

【0038】また、液晶を注入している時に、他の部分に設けた排気口103からパネル内の気体を排気すると内部の圧力が低下して液晶の注入が容易になる。排気口103についても、図18の(2)に示すように、注入口102の反対側の辺に設けることが望ましい。第1実施例で、実際に試作したものを触針式膜厚計で測定した形状を図19に示す。図示のように、基板の上に形成されたITO電極12と13の間隔はスペーサ45により $3.5\mu\text{m}$ になるように規制されている。突起20Aと20Bは、高さが $1.5\mu\text{m}$ 、幅が $5\mu\text{m}$ で、上下の突起20Aと20Bが $15\mu\text{m}$ 離れて配置されている。従って、同じITO電極上に形成される隣接する突起の間隔は $30\mu\text{m}$ である。

【0039】第1実施例のパネルに中間の電圧を印加して顕微鏡で観察した結果では、非常に安定した配向が得られた。更に、第1実施例のパネルでは応答速度が非常に改善した。図20と図21は、第2実施例のパネルにおいて、印加電圧と上下の突起の間隔をパラメータとし

14

て変化させた時の応答速度を示す図であり、図20の(1)はオン速度( $0 \rightarrow 5\text{V}$ )を、(2)はオフ速度( $5 \rightarrow 0\text{V}$ )を、図21はオン速度とオフ応答を加えたスイッチング速度を示す。図20及び図21に示すように、立ち下がり時間 $\tau_{\text{off}}$ は間隙にほとんど依存しないが、立ち上がり時間 $\tau_{\text{on}}$ は大きく変わる。間隙が小さくなればなるほど応答速度は速くなる。なお、このセルのセル厚は $3.5\mu\text{m}$ であったが、この間隙の実用的な長さはセル厚によって多少異なる。すなわち、セル厚が薄い場合には広がり、セル厚が厚くなると狭くなる。間隔がセル厚の100倍程度までであれば液晶が十分に配向することを実際に確認した。

【0040】いずれにしろ、第1実施例のパネルでは十分なスイッチング速度が得られた。例えば、突起の間隔を $15\mu\text{m}$ 、セル厚 $3.5\mu\text{m}$ の時の $0 \rightarrow 5\text{V}$ の応答速度は、オン時間 $\tau_{\text{on}}$ が $9\text{ms}$ で、オフ時間 $\tau_{\text{off}}$ が $6\text{ms}$ で、スイッチング速度 $\tau$ は $15\text{ms}$ であり、超高速スイッチングが可能である。図22から図24は、第2実施例のパネルの視角特性を示す図である。図22は視角によるコントラストの変化を2次元的に示しており、図23と図24は8階調の表示輝度の視角に対する変化を示しており、図23の(1)は方位角 $90^\circ$ における変化を、(2)は方位角 $45^\circ$ における変化を、

(3)は方位角 $0^\circ$ における変化を、図24の(1)は方位角 $-45^\circ$ における変化を、(2)は方位角 $-90^\circ$ における変化を示している。図22においては、斜線の部分がコントラストが10以下の領域を、2重斜線の部分がコントラスト5以下の領域を示す。図示のように、概ね良好な特性が得られたが、上下2分割であるため、第1実施例のように完全に左右上下均等な特性ではない。上下方向では左右方向に比べ多少コントラストの低下が大きい。左右方向では、上下方向に比べてコントラストの低下は少ないが、図23の(3)に示すように、 $30^\circ$ 付近で黒の階調反転が発生する。偏光板は吸収軸が $45^\circ$ 、 $135^\circ$ となる組み合わせで張りつけるので、斜め方向の視角特性は非常によい。このままでもTN方式よりは圧倒的に優れているが、IPS方式よりは視角特性の面で若干劣っている。しかし、第1実施例のパネルに位相差フィルムを一枚配置することで、視角特性を一層改善してIPS方式以上とすることが可能である。図25と図26は、第1実施例のパネルに位相差フィルムを使用した場合の視角特性を示す図であり、それぞれ図22と図23に対応する図である。図示のように、視角によるコントラストの低下が劇的に改善され、左右方向の階調反転もなくなった。逆に上下方向で白の表示における階調反転が発生しているが、一般的に白の表示における反転は人間の目にはほとんど分からないため表示品質としてはあまり問題にならない。このように位相差フィルムを使用することにより視角特性、応答速度、製造の難易度のすべての面において、IPS方式を

上回る特性が得られた。

【0041】第1実施例の構成で、各種の変形を行ったり、上記した以外のパラメータを変化させて最適な条件について検討した。突起の場合、黒表示をすると突起部分で光が漏れる。図27はこの突起部分での漏れ光の発生を説明する図である。図示のように、下側基板の電極13で突起20が設けられた部分に垂直に入射した光は、突起20の斜面では液晶分子が図示のように斜めに配向されているため、光はある程度透過し中間調表示になる。これに対して突起の頂点部分では液晶分子は垂直方向に配向しており、頂点部分からは光が漏れない。これは上側基板の電極12についても同様であり、黒表示の場合、突起部分では部分的に中間調表示と黒表示が行われることになる。このような部分的な表示の差は微視的であり肉眼では判別できないが、全体の表示は平均した表示強度になり、黒表示の表示濃度が若干低下してコントラストを低下させる。従って、突起を可視光を通過させない材料で作ることにより、コントラストを向上させることができる。第1実施例でも、突起も可視光を通過させない材料で作ることにより、コントラストを一層向上させることができる。

【0042】突起の間隔を変化させた時の応答速度の変化については図20と図21に示したが、突起の高さについても変化させて特性の変化を測定した。突起を形成するレジストの幅と間隔はそれぞれ $7.5\mu\text{m}$ と $15\mu\text{m}$ 、セル厚は約 $3.5\mu\text{m}$ とし、レジストの高さを、 $1.537\mu\text{m}$ 、 $1.600\mu\text{m}$ 、 $2.3099\mu\text{m}$ 、 $2.4486\mu\text{m}$ とし、実験装置で透過率とコントラスト比を測定した。その結果を図28と図29に示す。また、この結果から、白状態（5V印加時）における透過率の突起（レジスト）の高さに対する変化を図30に、黒状態（電圧無印加時）における透過率の突起（レジスト）の高さに対する変化を図31に、コントラストの突起（レジスト）の高さに対する変化を図32に示す。レジストが高くなるとそれに応じて白状態（電圧印加時）透過率も増加する。これは液晶を傾斜させるための補助的な役割を担う突起（レジスト）が大きいため、液晶分子がより確実に倒れるためであると思われる。黒状態（電圧無印加時）での透過率（漏れ光）もレジストの高さが増せば増すほど増加する。これは黒のレベルを落とす方向に作用するためあまり好ましくない。この漏れ光の原因を図27で説明する。突起（レジスト）の真上、間隙部では液晶分子は基板表面に対して垂直である。この箇所からは光漏れは発生しない。しかし、突起の傾斜部では液晶分子が若干の傾斜をもって配向している。突起が高くなればこの傾斜部の面積も増え、漏れ光が増加する。

【0043】従って、コントラスト（白輝度／黒輝度）はレジストが高くなるほど低下する傾向にある。しかし、もともとコントラストが高いため、セル厚と同じ高

さまで増加したとしても良好な表示ができる。この場合、後述するように、突起（レジスト）にパネルスペースの役割をさせることができる。これらの結果に基づいて、高さが $0.7\mu\text{m}$ 、 $1.1\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ の突起を有するTFT基板とCF基板を用いて15型の液晶ディスプレイを試作した。上記の実験の結果における傾向が実際に製作した液晶パネルにも現れたが、実際の観察においては、どの条件で製作したパネルでもコントラストの低下は問題にならないレベルであり、良好な表示が得られた。これは、元々高コントラストなパネルであるため、多少コントラストが低下しても人間の目には判別できないと思われる。また、液晶が配向する突起の高さの小さい側の限界を見極めるため、突起の高さが $0.7\mu\text{m}$ のパネルも製作したが、全く正常な表示が得られた。従って、突起（レジスト）は、 $0.7\mu\text{m}$ 以下の薄膜厚であっても十分に液晶分子を配向させることが可能である。

【0044】図33は、第2実施例の突起パターンを示す図である。図15に示したように、第1実施例では、突起は直線状であり、突起は画素の長い方の辺に垂直な方向に延びていた。第2実施例では、突起を画素9の短い方の辺に垂直な方向に延びるようにしている。第2実施例の他の部分は、第1実施例と同じである。図255は、第2実施例の変形例を示す図であり、(1)は突起パターンを、(2)は突起配置の断面図を示す。この変形例では、CF基板16側の電極12の上に設けられる突起20Aを、画素9の中心を通り、画素9の短い方の辺に垂直な方向に延びるようにしている。TFT基板17側には突起は設けない。従って、各画素内において液晶は2つの方向に配向される。図255の(2)に示すように、画素の中央では突起20Aによってドメインが分割される。また、画素電極13の周囲では画素電極のエッジがドメイン規制手段として働くので、安定した配向分割が行える。この変形例では、画素当たり1本の突起が設けられるだけであり、突起20Aと画素電極13のエッジとの距離が長いので、応答速度は第2実施例より低下するが、突起は基板の一方に設けられるだけであり、製造工程が簡単である。更に、画素内で突起の占める面積が小さいので、表示輝度を高くできる。

【0045】図256は、第2実施例の別の変形例の突起パターンを示す図である。CF基板16側の電極12の上に設けられる突起20Aを、画素9の中心に設ける。TFT基板17側には突起は設けられていない。突起20Aは、例えば、四角錐である。従って、各画素内において液晶は4つの方向に配向される。この変形例でも、図255の変形例と同様の効果が得られ、画素内で突起の占める面積は更に小さいので、表示輝度は一層向上する。

【0046】第1実施例及び第2実施例では、一方向に延びる直線の突起を多数平行に設けたが、この突起によ

り生じる配向分割は主に2つの領域であり、液晶分子が配向した時の方位が2つの領域で $180^\circ$ 異なることになる。これでは基板に垂直な配向する方位を含む面内の成分については図9に示したように中間調の視角特性が改善されるが、それと垂直な成分については、図7で示したような問題が生じる。そのため、配向分割は4方向であることが望ましい。

【0047】図34は、第3実施例の突起パターンを示す図である。図34に示すように、第3実施例では、一面素9内に、縦方向に延びる突起パターンと、横方向に延びる突起パターンを設ける。ここでは一面素の上半分には縦方向に延びる突起パターンを、下半分には横方向に延びる突起パターンを設けている。これであれば、縦方向に延びる突起パターンにより、横方向に $180^\circ$ 異なる方位で2つの領域に配向分割され、横方向に延びる突起パターンにより、縦方向に $180^\circ$ 異なる方位で2つの領域に配向分割されるので、一面素9内で4方向に配向分割されることになる。従って、液晶パネルとした場合には、上下方向と左右方向の両方向の視角特性が改善されることになる。なお、第3実施例では、突起パターン以外は、第1実施例と同じである。

【0048】図35は、第3実施例の突起パターンを変形した例を示す図であり、一面素の左半分には縦方向に延びる突起パターンを、右半分には横方向に延びる突起パターンを設けている点が図34の突起パターンと異なる。この場合も、図34の突起パターンと同様に、一面素9内で4方向に配向分割されることになり、上下方向と左右方向の両方向の視角特性が改善されることになる。

【0049】第1から第3実施例では、配向分割を生じさせるドメイン規制手段として突起を使用したが、図36に示すように、突起の頂上部においては液晶分子の配向は何ら規制されない。そのため、突起の頂上部においては、液晶の配向が制御されず、表示品質を低下させる。第4実施例は、このような問題を解決する例である。

【0050】図37は、第4実施例の突起形状を示す図であり、他の部分は第1から第3実施例と同じである。第4実施例では、図37の(1)に示すように、突起20を一部にテーパを有する形状とする。テーパ部分の間隔は $50\mu\text{m}$ 程度(あるいは $50\mu\text{m}$ 以下)でよい。このような突起パターンを作成するためには、突起パターンをポジレジストで形成し、スライエッチングで、突起及びテーパを形成する。これであれば、突起の頂上部においても配向が制御される。

【0051】また、第4実施例の変形例では、図37の(2)に示すように、突起20の上にテーパを有する突起46を更に設ける。この場合も、テーパ部分の間隔は $50\mu\text{m}$ 程度(あるいは $50\mu\text{m}$ 以下)でよい。このような突起パターンを作成するためには、突起パターンを

ポジレジストで形成し、スライエッチングで、突起20を形成する。更に突起の半分程度の厚さのポジレジストを形成し、スライエッチングで突起20の上のテーパの付いた突起部分46を残す。これでも同様に、突起の頂上部においても配向が制御される。図38は第5実施例におけるパネル構造を示す図であり、(1)は斜めから見た状態を模式的に示す図であり、(2)は側面図である。第5実施例は、図12の(3)の構造に対応する例である。一方の基板の表面に形成した電極12にはポジ型レジストで突起20Aを図示のように形成し、他方の基板の電極13にはスリット21を設けている。実際には、第5実施例は、第3実施例の画素電極13に設けられた突起パターン20Bをスリット21としたものであり、画素電極13は図39に示すようなパターンを有する。

【0052】液晶表示装置の商業的な成功を決定する重要な要件にコストの問題がある。上記のように、VA方式の液晶表示装置にドメイン規制手段を設けることにより表示品質が向上するが、ドメイン規制手段を設ける分コストが高くなるという問題があり、低コストでドメイン規制手段を実現することが必要である。そこで、第5実施例では、能動素子を有するTFT基板17側のドメイン規制手段を画素電極13のスリットとし、対向するカラーフィルタ基板16側のドメイン規制手段を突起とする。

【0053】電極上に突起を設ける場合、フォトリジストを塗布した後パターン露光して現像した後、エッチングする必要があり、そのための工程が増加してコストが増加すると共に、歩留りも低下するという問題がある。これに対して、画素電極13はパターンニングして形成する必要があり、スリット21を有する画素電極を形成しても工程が増加することはない。そのため、TFT基板側では、突起よりスリットをドメイン規制手段とした方がコストが低い。一方、カラーフィルタ基板(CF基板)の対向電極は通常ベタ電極であり、対向電極にスリットを設ける場合には、上記のようなパターンニングしたフォトリジストを現像した後エッチングする工程が必要であるが、対向電極上に突起を形成する時には現像したフォトリジストがそのまま使用できるので、突起を形成する方がコストの増加が少ない。従って、第5実施例の液晶表示装置のように、TFT基板側のドメイン規制手段を画素電極のスリットとし、カラーフィルタ基板側のドメイン規制手段を突起とすることにより、コストの増加を小さくできる。

【0054】画素電極にスリットを設けて複数の部分電極に分けた場合、各部分電極には同じ信号電圧を印加する必要がある。部分電極間を接続する電気的接続部分を設ける必要がある。この電気的接続部分を画素電極と同じ層に設けた場合には、後述するように、電気的接続部分では液晶の配向が乱れるので、視角特性が低下する上

(11)

19

パネルの表示輝度や応答速度が低下するという問題が生じる。

【0055】そこで、第5実施例では、図39に示すように、電気的接続部分をBM34で遮光することにより両方に突起を設けた場合と同等の輝度、応答速度を得ている。本実施例では、画素の中央部にCS電極35が設けられており、CS電極35は遮光性であるため、画素が上下2つの部分に分割される。参照番号34AはBMによる上側の開口を示し、34BはBMによる下側の開口を示し、開口の内側が光を通過させる。

【0056】ゲートバスライン31やデータバスライン32などのバスラインは金属材料で作られるため遮光性を有する。安定した表示を行うためには、画素電極はバスラインと重ならないように形成する必要がある。また、画素電極とバスラインの間を遮光する必要がある。また、TFT33は、特に動作半導体としてアモルファスシリコンを用いている場合には、光の入射により素子特性が変化し、該動作が起きることがあるため、TFTの部分も遮光する必要がある。そのため、従来からこれらの部分を遮光するためのBM34が設けられており、本実施例では電気的接続部分が画素の周辺部に設けられるため、BM34で遮光することができる。また、電気的接続部分を遮光するためのBMを新たに設ける必要はなく、従来のBM又は若干BMを広げるだけでよい。開口率の低下も問題にならない程度である。

【0057】第5実施例のパネルは2分割方式であるため、各種の特性は基本的には第1実施例とまったく同じであり、視角特性もTN方式に比べて大幅に改善された。更に、位相差フィルムを使用することで第1実施例のパネルと同じ視角特性になる。応答速度は片側にスリットによる斜め電界を使用しているため第1実施例より若干遅いが、それでもオン速度 $\tau_{on}$ が8msで、オフ速度 $\tau_{off}$ が9msで、スイッチング速度 $\tau$ は17msであり、従来方式に比べればはるかに高速である。製造プロセスは第1実施例に比べて簡単である。

【0058】ここで、参考として画素電極にスリットを設け、対向電極はベタ電極とした液晶表示装置を試作した時の結果について説明する。画素電極には、2方向のスリットが複数設けられ、画素内に4方向のドメイン領域が多数形成されるため、ほぼ360°全方位に配向した安定した配向が得られた。従って、視角特性は非常に良好であり、360°全方位で均等な画像が得られた。しかし、応答速度は改善されず、オン速度 $\tau_{on}$ が42msで、オフ速度 $\tau_{off}$ が15msで、それらを合計したスイッチング速度は57msで、あまり改善されなかった。スリットの個数を減らせば、応答速度は更に低下する。これはスリットの個数を減らせばその分ドメイン領域が大きくなり、ドメイン領域内のすべての液晶分子が同じ方向に配向するまでに時間がかかるためと思われる。

20

【0059】従って、ドメイン規制手段としてスリットのみを使用する構成は、工程が簡略にできるという利点があり、静止画を主とする表示には問題ないが、IPS方式同様、動画表示には十分とはいえない。第5実施例では、電圧を印加した時に所々に配向が安定しない部分が存在していることが分かった。その理由を図40と図41を参照して説明する。図40は、電気的接続部分における液晶の配向分布を説明する図であり、突起20Aとスリット21が平行に設けられている部分では、上から見ると突起及びスリットの延びる方向に垂直な方向に液晶が配向するが、電気的接続部分では異なる方向に配向される液晶分子14aが存在し、配向異常が生じる。そのため、図41に示すように、突起20Aと電極スリット21との間隙部分では液晶分子は突起20A及びスリット21に対して垂直方向(図の上下方向)に配向するが、突起の頂上及びスリットの中央付近では液晶分子は垂直方向でなく、水平方向に配向する。突起の傾斜及びスリットによる斜め電界は液晶を図中の上下方向に制御することはできるが、左右方向には制御できないため、突起の頂上及びスリットの中央付近では横方向にランダムなドメイン47が発生することが顕微鏡による観察で確認された。突起の頂上のドメインは判別できないほど小さいので問題にならないが、このような配向異常が生じる部分では、輝度が低下する上、黒から白への変化時に白が一旦より明るくなって残像として見える場合がある。次の第6実施例では、この問題を解決する。

【0060】第6実施例のパネルは、第5実施例のパネルにおける突起20Aとセル電極13のスリット21の形状を変更したものである。図42は、第6実施例における突起20Aとセル電極13をパネルに垂直な方向から見た時の基本的な形状を示す図である。図示のように、突起20Aをジグザグに屈曲させており、それに伴ってセル電極13のスリット21もジグザグに屈曲させている。これにより、図43に示すように規則的に4分割されたドメインが生成される。従って、第5実施例で問題となった配向異常部を解消できる。

【0061】図44は第6実施例の画素部の実際の様子を示す平面図であり、図45は第6実施例の画素電極のパターンを示す図であり、図46は図44のA-Bで示す部分の断面図である。図44及び図46に示すように、第6実施例のLCDでは、一方のガラス基板16には、遮光用のブラックマトリクス(BM)34と色分解フィルタ(カラーフィルタ)39が形成され、その上に一面にゴモン電極12が形成され、更に、ジグザグの突起列20Aが形成されている。他方のガラス基板17には平行に形成された複数本のスキャンバスライン31、スキャンバスラインに垂直な方向に平行に形成された複数本のデータバスライン32、スキャンバスラインとデータバスラインの交点に対応してマトリクス状に設けられたTFT33及び画素電極13が設けられている。ス



(12)

21

キャンバスライン31はTFT33におけるゲート電極を形成し、データバスライン32はTFT33におけるドレイン電極42に接続される。また、ソース電極41は、データバスライン32と同じ層であり、ドレイン電極42と同時に形成される。スキャンバスライン31とデータバスライン32の層間には、ゲート絶縁膜、a-Si活性層及びチャンネル保護膜が所定の部分に形成され、データバスライン32の層上には絶縁膜が形成される。画素電極13は、図45に示すような1:3の長方形であり、辺に対して45°傾いた方向に複数のスリット21が設けられている。更に、各画素電極13の電位を安定化するため、CS電極35を設けて補助容量を形成する。ガラス基板17はTFT基板と呼ばれる。

【0062】図示のように、CF基板の突起列20AとTFT基板のスリット21は、それぞれの配列ピッチの1/2だけずれて配置されており、基板の関係が逆であるが、図12の(3)に示すような突起とスリットの位置関係が実現され、液晶の配向が4方向に分割される。前述のように、画素電極13は、ITO膜を成膜した後その上にフォトレジストを塗布して電極のパターンを露光して現像した後エッチングすることにより形成される。従って、スリットの部分を除くようにパターンニングすれば、従来と同じ工程でスリットを形成することができ、コストは増加しない。

【0063】第6実施例では、図45に示すように、画素電極13の周辺部131、132及び133の部分は電極を残して電氣的接続部分としている。前述のように、電氣的接続部分では液晶の配向が乱れるので、第6実施例では、図45に示すように、電氣的接続部分を画素電極13の周辺部に設け、上側開口34Aと下側開口34Bを有するBMを使用して、BMとCS電極35で電氣的接続部分を遮光することにより両方に突起を設けた場合と同等の輝度、応答速度を得ている。

【0064】図47と図48は第6実施例における視角特性を示す図である。このように、視角特性は非常に良好であり、配向異常部もほとんど認められなかった。また、応答速度はスイッチング速度 $\tau$ が17.7msで、超高速スイッチングが可能である。図49は画素電極のパターンの変形例であり、図49の(1)のような画素電極13に対して、(2)のようなBM34を形成する。なお、画素電極のパターンは各種の変形例が考えられ、例えば、スリットの両側の周辺部に電氣的接続部分を設けて、各部分電極間の抵抗を小さくするようにしてもよい。

【0065】なお、第5及び第6実施例において、CF基板16の対向電極12の上に設けた突起の代わりにスリットを設けて、両方のドメイン規制手段をスリットとすることも可能であるが、その場合には前述のように応答速度が低下する。第6実施例では、電氣的接続部分は

22

部分電極と同じ層であったが、別の層に形成することもできる。第7実施例はそのような例である。

【0066】図50は、第7実施例における画素電極のパターン及び構造を示す図である。第7実施例は、データバスライン32形成時に同時に接続電極132を形成し、絶縁層135に分割された画素電極13と接続電極134を接続するコンタクトホールを形成する以外は、第6実施例と同じである。なお、本実施例では、接続電極134をデータバスライン32と同時に形成したが、ゲートバスライン31あるいはCS電極35と同時に形成してもよい。なお、バスラインの形成とは別個に接続電極を形成してもよいが、この場合は接続電極形成用の工程を新たに設ける必要があり、その分新しい工程が増加することになる。工程の簡略化のためには、接続電極はバスラインやCS電極の形成時に同時に形成することが望ましい。

【0067】第7実施例では、第6実施例に比べて、配向異常の原因となる接続電極を液晶層から遠ざけることができるので、配向異常を更に低減できる。なお、接続電極を遮光性の材料で形成すれば、その部分は遮光されるので、表示品質は更に向上する。図51は第8実施例の画素部の平面図であり、図52は図51のA-Bの部分の断面図である。第8実施例は、画素電極13のスリット内に突起20Cを形成した以外は、第6実施例と同じである。電極のスリットも電極の上に設けられた絶縁性の突起も液晶の配向領域を規定する。第8実施例のように、スリット21内に突起20Cを設けた場合、スリット21と突起20Cによる液晶の配向方向は一致しており、突起20Cはスリット21による配向の分割を補助し、より安定させるように働く。従って、第6実施例より配向が安定し、応答速度も向上する。図52に示すように、突起20Cは、CS電極35、ゲートバスライン31及びデータバスライン32をそれぞれ形成する時に同時に形成された層を重ねることで実現される。

【0068】図53と図54は、第8実施例のTFT基板の製造方法を説明する図である。図53の(1)に示すように、ガラス基板17にゲート層の金属(メタル)膜311を成膜する。(2)でフォトリソグラフィ法で、ゲートバスライン31、CS電極35及び突起20Cに相当する部分312を残す。(3)でゲート絶縁膜313、a-Si活性層、チャンネル保護膜313を連続成膜する。(4)で背面露光などにより自己整合的にチャンネル保護膜65及び突起20Cに相当する部分314を残す。図54の(5)でコンタクト層とソース・ドレイン層のメタル321を成膜する。(6)でフォトリソグラフィ法でソース電極41、ドレイン電極42などを形成する。この時、スリットの内側の突起20Cに相当する位置にもメタル膜を残す。(7)でパッシベーション膜331を成膜する。(8)でソース電極36と画素電極とのコンタクトホール332を形成する。



(13)

23

(9)でITO膜341を成膜する。(10)でフォトリソグラフィ法で画素電極13を形成する。この時、スリットを設ける。

【0069】以上のように、本実施例では、画素電極13のスリット21内に突起20Cを形成しているが、従来に比べて工程の増加はなく、突起20Cによって一層配向が安定するという効果が得られる。なお、本実施例では、画素電極のスリット内の突起を、ゲートバスライン層、チャンネル保護膜層及びソース・ドレイン層の3層を重ねて突起としたが、このうち1層で又は2層を組み合わせて突起を形成するようにしてもよい。

【0070】図55は、第9実施例における突起20Aと20Bをパネルに垂直な方向から見た時の形状を示す図であり、図56は第9実施例の画素部の実際の平面図を示す図である。本発明の第9実施例のパネルは、第1実施例のパネルにおける突起20Aと20Bの形状を、第6実施例のようにジグザグに屈曲させ、4分割の配向が得られるようにした。屈曲している部分の両側では突起面の方向が90°ずつ異なっており、液晶分子は突起の表面に垂直な方向に配向するので、4分割の配向が得られる。具体的には、液晶層の厚さ(セル厚)が4.1μmであり、CF基板の突起20Aは幅が10μmで高さが1.4μmであり、TFT基板の突起20Bは幅が5μmで高さが1.2μmであり、突起20Aと20Bの間隙(図で45°傾いた方向の間隙)が27.5μmであり、画素寸法(画素配列ピッチ)が99μm×297μmの条件のパネルを製作した。その結果、応答速度は第1実施例と同じであり、視角特性は第6実施例の特性と同じで、上下左右均等な非常に良好な特性であった。突起の最適な幅、高さ、間隙は、それらが相互に深く関係すると共に、突起材料も関与し、更に配向膜材料、液晶材料、及びセル厚など等の条件によっても変ってくる。

【0071】第9実施例のパネルでは、液晶の傾斜方向を主として4つの方向に制御できる。図55でA、B、C、Dで示した部分がこの4つの方向に制御される領域を示すが、その1画素内の比率が均等ではない。これは突起パターンを連続したものに、突起パターンが各画素で同じ位置に配置するため、突起パターンの繰り返しピッチを画素の配列ピッチに合わせているためである。実際には図47と図48に示す視角特性が得られており、視角特性には配向分割の領域の不均等性は現れていないが、あまり好ましい状態とはいえないそこで、図55の突起パターンを基板全面に画素ピッチを無視して形成した。そのレジストの幅は7μm、レジスト間隙は15μm、レジスト高さ1.1μm、セル厚3.5μmとし、TFT基板とCF基板を用いて15型の液晶ディスプレイを試作した。ゲートバスライン、データバスラインなどとの干渉パターンが若干見られたが、概ね良好な表示が得られた。レジストの幅を15μmレジスト間

24

隙を30μmまで増加させたがほぼ同様の結果であった。従って、突起の幅、繰り返しピッチを画素ピッチより十分小さな値とすることで、画素寸法を無視して突起パターンを形成しても良好な表示が得られ、なお且つ設計の自由度が広がることになる。干渉パターンを完全になくすには突起又は窪みのパターンのくり返しピッチは画素ピッチの整数分の1又は整数倍に設定することで解決できる。同様に突起のサイクルも画素の周期を考慮した設計が必要であり画素ピッチの整数分の1又は整数倍が好ましい。

【0072】なお、第9実施例で、突起パターンを図57に示すように連続しないものにすれば、1画素内で4つの方向に制御される領域の比率が均等にすることができる。しかし、これであっても製造上は特に問題はない。しかし、突起パターンが連続しないため、そのエッジ部分で液晶の配向方向が乱れるため、光漏れなどの表示品質の低下を生じる。このような点からも、図55のように、突起パターンの繰り返しピッチを画素の配列ピッチに合わせて、連続した突起パターンにすることが望ましい。

【0073】第9実施例においては、ドメイン規制手段として電極12、13上にジグザグに屈曲した誘電体の突起を設け、これにより液晶の配向方向を規制している。前述のように、電極にスリットを設けると、そのエッジ部分に斜め電界が生じて突起と類似のドメイン規制手段として働く。画素電極のエッジについても同様に斜め電界を発生する。そのため、画素電極のエッジによる斜め電界もドメイン規制手段として考慮する必要がある。図58は、この現象説明する図であり、ここでは垂直方向から若干傾いた傾斜垂直配向の場合を示している。図58の(1)に示すように、電圧を印加しない時には、各液晶分子14は、ほぼ垂直に配向している。電極12と13の間に電圧を印加すると、電極13の周辺部を除く領域では電極12と13に垂直な方向に電界が発生し、液晶分子14はこの電界に垂直な方向に傾く。一方の電極はコモン電極であるが、他方の電極は表示画素電極であり、表示画素毎に分離しているため、その周縁(エッジ)部では、図58の(2)に示すように、電界8の方向が傾斜する。液晶分子14は電界8の方向に垂直になる方向に傾斜するため、図示のように画素の中心部とエッジで液晶の傾斜方向が異なり、リバースチルトと呼ばれる現象を発生させる。このリバースチルトが発生すると、表示画素領域内にシュリーレン組織が形成され、表示品質が低下する。

【0074】このようなリバースチルトの発生は、第9実施例のように画素電極エッジに対して斜めの土手をジグザグに設ける場合も同様である。図59は、第9実施例のジグザグに屈曲した突起パターンを設けた構成において、シュリーレン組織が観察された部分51を示す図である。また、図60は、シュリーレン組織が観察され

(14)

25

た部分 51 の付近を拡大した図で、電圧印加時の液晶分子 14 の傾斜方向が示されている。この例では、突起材料として TFT が形成される画素電極基板と共通電極が形成される対向基板で、異なる材料で突起を形成し、その上に垂直配向膜を印刷してラビング処理せずに組み立てた。セル厚は  $3.5 \mu\text{m}$  とした。シュリーレン組織が観察された部分 51 は、電圧印加時、斜め電界による配向規制力で倒された液晶分子の傾斜方向が、突起による配向規制方向と大きく異なる箇所である。これがコントラストを低下させ、応答速度を低下させ、表示品質を低下させる原因になる。

【0075】また、第 9 実施例のジグザグに屈曲した突起パターンを設けた構成の液晶表示装置を駆動した場合、表示画素の一部において、表示が暗くなったり、動画やカーソル移動などのような表示においては少し前の表示が残って見える残像と呼ばれる現象が発生した。図 61 は、第 9 実施例の液晶パネルにおいて、画素内で黒く見える領域を示す図である。この領域では電圧印加時の配向状態の変化が非常に遅いことが分かった。

【0076】図 62 の (1) は図 61 における A-A' の断面図であり、図 62 の (2) は B-B' の断面図である。図 61 に示すように、A-A' の断面では、左側のエッジ付近に黒く見える領域があるが、右側のエッジ付近には黒く見える領域はない。これに対応して、図 62 の (1) に示すように左側のエッジ付近では、斜め電界による配向規制力で倒された液晶分子の傾斜方向と突起による配向規制方向とが大きく異なるが、右側のエッジ付近では、斜め電界による配向規制力で倒された液晶分子の傾斜方向と突起による配向規制方向は比較的一致している。同様に、B-B' の断面では、右側のエッジ付近に黒く見える領域があるが、左側のエッジ付近には黒く見える領域はなく、これに対応して、図 62 の

(2) に示すように右側のエッジ付近では、斜め電界による配向規制力で倒された液晶分子の傾斜方向と突起による配向規制方向とが大きく異なるが、左側のエッジ付近では、斜め電界による配向規制力で倒された液晶分子の傾斜方向と突起による配向規制方向は比較的一致している。

【0077】以上のように、電圧印加時、表示画素電極のエッジの斜め電界による配向規制力で倒された液晶分子の傾斜方向が、突起による配向規制方向と大きく異なる箇所が、表示品質の劣化の原因であることが分かる。また、突起パターンを設けた構成の液晶表示装置を駆動した場合、画素内でバスライン（ゲートバスライン、データバスライン）近傍において、表示品質の劣化が見られた。これは、バスライン近傍で好ましくない微少領域（ドメイン）が発生し、その発生に伴い液晶の配向が乱れ、応答速度が低下するためである。これにより、中間調における視角特性の低下や色特性の低下などの問題が発生している。

26

【0078】図 63 は、第 10 実施例の LCD における突起の基本配置を示す図である。画素として作用するのはセル電極 13 により規定される範囲であり、ここではこの部分を表示領域と呼び、それ以外の部分を表示領域外と呼ぶことにする。通常、表示領域外の部分にはバスラインや TFT が設けられるが、金属材料で作られたバスラインは遮光性を有するが、TFT は光を透過させる。そのため、TFT、及びセル電極とバスラインの間の部分にはブラックマトリクス（BM）と呼ばれる遮光部材を設ける。

【0079】第 10 実施例では、CF 基板 16 の対向（共通）電極 12 上の表示領域外の部分に突起 20A を設け、画素電極 13 のエッジにより生じる斜め電界による配向規制力とは異なる方向に配向規制力を生じるようにしている。図 63 の (1) は電圧無印加時の状態を示し、垂直配向処理が行なわれているので、液晶分子 14 は電極 12、13 及び突起 20A の表面にほぼ垂直に配向する。電圧を印加すると、図 63 の (2) に示すように、液晶分子 14 は電界 8 に垂直になる方向に配向する。表示領域外では画素電極 13 がないため、画素電極 13 のエッジ近傍から表示領域外にかけて、電界は斜めになる。この斜め電界のため、液晶分子 14 は図 58 の (2) に示すように表示領域内の配向と異なる方向に配向しようとするが、突起 42 の配向規制力により図 63 の (2) に示すように、表示領域内の配向と同じ方向に配向することになる。

【0080】図 64 は、第 10 実施例における突起パターンを示す図である。また、図 65 は、図 64 で円で囲んだ部分を拡大した図である。第 10 実施例では、第 9 実施例において図 63 の基本配置を実現するため、補助突起を設けている。VA 方式で、ドメイン規制手段としてジグザグに屈曲した突起列を設ける方式に適用した実施例における突起列のパターンを示す図である。図 59 と比較して明らかなように、シュリーレン組織が観察された部分の近くに、新たに補助突起 52 を設けている。この補助突起 52 は、対向電極 12 の上に設けられる突起列 20A につながっており、一体に形成される。補助突起 52 を設けた部分では、図 63 に示す関係が実現され、図 65 に示すように画素電極のエッジ部分における液晶分子 14 の配向が表示領域内の配向と一致するため、図 59 で観察されたシュリーレン組織は観察されず、表示品質が向上した。なお、図 258 は、図 65 における補助突起 52 を画素電極 13 のエッジに対向するように設けた例を示す。この場合もシュリーレン組織は観察されなかった。

【0081】なお、第 10 実施例では、突起としてアクリル系透明樹脂を使用した。黒色のものを使用することも可能であり、黒色のものを使用すれば突起部分での漏れ光が遮断できるのでコントラストが向上する。図 63 及び図 64 では、表示領域外に領域外ドメイン規制手

(15)

27

段として補助突起52を設ける例を示したが、突起の代わりに窪み(溝)を設けることも可能である。ただし、窪みはTFT基板側に設けることが必要である。

【0082】領域外ドメイン規制手段は、適当な配向規制力を有するものであればどのようなものでもよい。例えば、配向膜に紫外線などの特定の波長を光を照射すると配向方向が変わることが知られており、これを利用して表示領域外の一部の配向方向を変化させることでも領域外ドメイン規制手段を実現できる。図66は、紫外線の照射による配向方向の変化を説明する図である。図66の(1)に示すように、基板面に垂直配向膜を塗布し、そこに一方の方向からある角度、(2)では45°の方向から無偏光の紫外線を照射すると、液晶分子14の配向方向が垂直から紫外線の照射方向に倒れることが知られている。

【0083】図67は、第10実施例の変形例を示す図であり、図64に示した領域外ドメイン規制手段として補助突起52に対向するTFT基板側の配向膜の部分43に矢印54で示す方向から紫外線を照射した。これにより、部分53は、セル電極13のエッジにおける斜め電界の影響を相殺する方向に働く配向規制力を有するようになる。従って、図64に示した第10実施例と同様の効果が得られる。なお、図67では、TFT基板側にのみ紫外線を照射したが、CF基板16側にのみ、又はTFT基板とCF基板の両方に照射するようにしてもよい。なお、紫外線の照射方向は、照射条件による配向規制力の強度と、斜め電界による配向規制力とのバランスにより最適に設定する必要がある。

【0084】領域外ドメイン規制手段はセル電極のエッジで生じる斜め電界の表示領域内の液晶分子の配向への影響を低減し、表示領域内の液晶分子の配向を安定させるために設けるので、VA方式に限らず、他の方式にも適用可能である。ここで、ドメイン規制手段として働く突起及び窪みの画素電極13のエッジに対する望ましい配置について考察する。図68は、画素電極のエッジとドメイン規制手段として働く突起の基本的な位置関係の例を示す図である。図68の(1)に示すように、画素電極13のエッジに突起20Bが配置されるようにするか、図68の(2)に示すように、画素電極13のエッジに対向する対向電極12の部分に突起20Aが配置されるようにするか、図68の(3)に示すように、画素電極13のエッジに対して、CF基板16側の突起20Aは表示領域の内側に、TFT基板17側の突起20Bは表示領域外に配置されるようにする。

【0085】図68の(1)と(2)では、画素電極13のエッジ又は対向する部分に突起が配置され、突起により液晶の配向方向に関係する領域がエッジで区切られる。そのため、表示領域外の斜め電界がどのようなであっても、表示領域内の配向には何ら影響を及ぼさなくなる。従って、表示領域内では安定した配向が得られ、表

28

示品質が改善される。

【0086】図68の(3)の配置条件によれば、画素電極13のエッジにおける斜め電界による配向規制力と突起による配向規制力の方向が一致するので、ドメインは発生せず安定した配向が得られる。なお、斜め電界による配向規制力とドメイン規制手段による配向規制力の方向を一致させる条件は、突起の代わりに窪みを使用する場合にも実現可能である。図69は、窪みで図68の(3)に相当する配置条件を実現した場合のエッジと窪みの配置を示す図である。すなわち、画素電極13のエッジに対して、TFT基板17側の窪み23Bは表示領域の内側に、CF基板16側の窪み23Aは表示領域外に配置されるようにする。

【0087】図70は、第1実施例と同様にドメイン規制手段として直線状(ストライプ状)の突起列を設けたLCDで、図68の(3)の条件を実現した突起列の配列を示す図であり、(1)に上側から見た平面図を、(2)に断面図を示す。図70の構成では、突起の高さは約2μm、突起の幅は7μm、突起と突起の間隔は40μmとし、2枚の基板を貼り合わせた後において、TFT基板の突起とCF基板の突起が交互に配置される構造とした。なお、図68の(3)の条件が実現されるため、TFT基板17においては、突起が画素電極13の間に配置されることになるが、画素電極13の間にはゲートバスライン31が設けられているため、画素電極13の間に配置される突起はゲートバスライン31上に位置することになる。

【0088】図70のLCDでは従来のような好ましくないドメインは観察されず、スイッチング速度の遅い部分もないため、残像などは観察されず、良好な表示品質が得られた。なお、図70において、画素電極13間に配置される突起20Bを画素電極13のエッジに配置すれば、図68の(1)の条件が実現され、その配置で突起20Aと20Bを逆の基板に配置すれば図68の(2)の条件が実現される。エッジ上又はエッジに対向する位置に配置される突起は、TFT基板17側に配置しても、CF基板16側に配置してもよいが、基板の貼り合わせのずれを考慮すると、TFT基板17側のセル電極13のエッジに形成することが望ましい。

【0089】図71は、別のパターン形状の突起で、図68の(3)の条件を実現した第11実施例のLCDにおける突起列の配列を示す図であり、(1)に上側から見た平面図を、(2)に断面図を示す。図示のように、セル電極13の間に基盤の目のように突起の格子を配置し、更に、これと相似形の突起を各画素の内側に向かって順次形成した。このような突起パターンを使用すれば、各画素内において配向方向を4分割できる。ただし、各配向方向の割合を等しくすることはできない。この場合も、基盤の目状の突起パターンは、セル電極13間に設けられたゲートバスライン31とデータバスライ

(16)

29

ン32の上に配置されることになる。

【0090】なお、図71においても、セル電極13間に配置される突起20BをTFT基板17のセル電極13のエッジ又はCF基板16のエッジに対向する部分に形成すれば、図68の(1)と(2)の条件が実現される。この場合も、突起はTFT基板17側のセル電極13のエッジに形成することが望ましい。図71では、長方形のセル電極に合わせて突起も長方形の格子状に形成した例を示したが、突起が長方形であるため各配向方向の割合を等しくすることはできない。そこで、第9実施例に示したようなジグザグに屈曲した突起列を使用することが考えられる。しかし、図59及び図61で説明したように、図64のような突起を設けない限りセル電極13のエッジ付近で好ましくないドメインが発生する。このため、図72に示すように連続した突起でなく、各画素13毎に独立した突起を使用することが考えられる。しかし、図72に示す突起20Aと20Bを形成した場合には、画素13のTで示した部分で配向異常が生じ、電界制御部(TFT)33からの距離が異なるため、応答速度が低下するという問題が生じる。長方形の画素に対してジグザグに屈曲した突起列で、図68に示した突起のセル電極のエッジに対する配置条件を、すべてのエッジで満たすことは不可能である。第12実施例ではこの問題が解決される。

【0091】図73は、第12実施例における画素電極13、ゲートバスライン31、データバスライン32、TFT33、及び突起20Aと20Bの形状を示す図である。図示のように、第12実施例では、画素電極13も突起20Aと20Bのジグザグに屈曲した形状に合わせた形状とした。この形状であれば、配向異常は発生せず、電界制御部33から画素電極13の端までの距離が等しいため、応答速度も改善できる。なお、第12実施例では、ゲートバスライン31も画素電極13の形状に合わせてジグザグに屈曲させる。

【0092】なお、ゲートバスライン31上に配置される突起を画素電極13のエッジ又はCF基板16のエッジに対向する部分に形成すれば、図68の(1)と

(2)の条件が実現される。この場合も、突起はTFT基板17側の画素電極13のエッジに形成することが望ましい。但し、図68の条件が実現されるのは、ゲートバスライン31に平行なエッジのみで、データバスライン32に平行なエッジについては満足しない。そのため、この部分については、斜め電界の影響を受けることになり、図58から図61で説明した問題が生じる。

【0093】図74は、第12実施例の変形例の画素電極13、ゲートバスライン31、データバスライン32、TFT33、及び突起20Aと20Bの形状を示す図である。図73の第12実施例では、ジグザグに屈曲したセル電極13の形状に合わせてゲートバスライン31もジグザグに屈曲した形状にしたが、セル電極13の

30

形状を図74に示すようにすることで、ゲートバスライン31は直線でデータバスライン32がジグザグに屈曲した形状になるようにすることも可能である。なお、図74では、突起20Aと20Bは、画素毎に独立しておらず、複数の画素に渡って連続した突起である。セル電極13の間の領域に上下方向に設けられているデータバスライン32の上には突起20Bが設けられ、図68の(3)の条件が実現されている。図74の配置においても、データバスライン32上に配置される突起をセル電極13のエッジ又はCF基板16のエッジに対向する部分に形成すれば、図68の(1)と(2)の条件が実現される。この場合も、突起はTFT基板17側のセル電極13のエッジに形成することが望ましい。

【0094】なお、図74の配置では、突起がゲートバスライン31に平行なセル電極13のエッジを横切っている。そのため、この部分については、斜め電界の影響を受けることになり、図58から図61で説明した問題が生じる。図75は、第12実施例の別の変形例を示す図である。図75に示した配置は、突起の屈曲が画素内で2回生じるようにしたものである。これにより、画素の形状は、図74より長方形に近くなるため、表示が見やすくなる。

【0095】図76は、第13実施例のセル電極13、ゲートバスライン31、データバスライン32、TFT33、及び突起20Aと20Bの形状を示す図であり、図77は図76に示したA-A'断面とB-B'断面である。ジグザグに屈曲した突起列を有する場合の、画素電極13のエッジ部分の斜め電界による影響を低減するため、第10実施例では表示領域外に領域外ドメイン規制手段を設け、第12実施例では画素電極をジグザグに屈曲した形状にしたが、完全に影響をなくすることは難しい。そこで、第13実施例では、図59と図61に示すような配向が乱され好ましくないドメインが生じる部分をブラックマトリクス(BM)34で遮光して表示に影響しないようにする。

【0096】図76に示したA-A'の部分は斜め電界の影響を受けないので、従来と同様に図77の(1)に示すようにBM34を狭くし、B-B'の部分は斜め電界の影響が大きいので従来に比べてBM34の幅を広くして表示されないようにする。これであれば表示品質が低下することではなく、残像やコントラストの低下は生じない。しかし、BM34の面積は増大するため、開口率が減少して表示の明るさが低下する。しかし、BM34の増加する面積があまり大きくなければ問題にはならない。

【0097】以上のように、第10実施例から第13実施例であれば、画素電極のエッジ部分での斜め電荷の影響が低減できるので、表示品質が向上する。これまで説明した実施例では、ドメイン規制手段を設けることにより液晶の配向を分割しているが、ドメインの境界部分の

(17)

31

配向を詳細に観察すると、ドメイン規制手段の部分でドメインが $180^\circ$ 異なる方位に分割され、ドメイン間の境界部分（突起、窪み又はスリット上）には $90^\circ$ 方位が異なる微少ドメインが存在し、微少ドメインも含めた各ドメインの境界（突起であれば突起のエッジ近傍）には暗く見える領域が存在することが分かった。このような暗く見える領域は、開口率の低下を招き、表示が暗くなってしまうという問題があった。前述のように、TFTを用いた液晶表示装置では、開口率を低下させる要因となるCS電極を設ける必要があり、他にもTFT部分や表示画素電極の周囲を遮光するブラックマトリクス（BM）を設けており、できるだけ開口率の低下を招かないようにする必要がある。

【0098】CS電極による補助容量（Storage Capacitor）が使用されることについては既に説明したが、ここで補助容量の作用と電極構造について簡単に説明する。図78の（1）は、補助容量を有する液晶パネルにおける画素毎の回路を示す図である。図17に示すように、CS電極35はセル電極13との間に誘電体層を介して容量素子を構成するようにセル電極13と平行に形成される。CS電極35はコモン電極12と同じ電位に接続されるので、図78の（1）に示すように、液晶による容量1と並列に補助容量2が形成される。液晶1への電圧の印加が行なわれた時には同様に補助容量2にも電圧の印加が行なわれ、液晶1に保持される電圧が補助容量2でも保持される。補助容量2は液晶1に比べてバスラインなどの電圧変化の影響を受けにくいので、残像やフリッカを抑制し、TFTオフ電流による表示不良の抑制などに効果がある。CS電極35を形成する場合には、プロセスを簡略にするために、TFT素子を構成するゲート（ゲートバスライン）、ソース（データバスライン）、あるいはドレイン（セル）電極と同一層に同一材料で形成することが望ましい。これらの電極は精度の関係から不透明な金属で形成されるため、CS電極35も不透明である。上記のように、CS電極はセル電極13と平行に形成されるため、CS電極の部分は表示画素としては使用できず、その分開口率が低下する。

【0099】液晶表示装置は低消費電力化が進められる一方表示輝度の向上が要求されている。そのため、開口率はできるだけ高いことが望ましい。一方、これまで説明したように表示品質の向上のため突起や電極にスリットが設けられるが、これらの部分の漏れ光が表示品質を低下させるため、突起には遮光材料を使用したり、スリットであればBMなどで遮光することが望ましい。しかし、これは開口率を低下させる要因になる。そのため、これらをできるだけ重ねることにより、開口率の低下をできるだけ防止することが望ましい。

【0100】図78の（2）は、狭い幅の突起を多数配置する場合に考えられるCS電極35と突起20Aと20Bの配置例である。CS電極35の一部には突起20

32

Aと20Bが重なるように設けられているが、CS電極35の方が幅が広いので、重ならない部分も存在する。図79は、第14実施例における突起20（20A、20B）とCS電極35の配置を示す図であり、（1）が上面図を、（2）が断面図を示す。図示のように、CS電極35は分割されて、突起20A、20Bの下に設けられている。所定の容量の補助容量を実現するには、CS電極35は所定の面積が必要である。図79の5本に分割された各CS電極35を合わせれば、図78の

（2）に示すCS電極35と同じ面積になる。しかも、図79ではCS電極35と突起20A、20Bはすべて重なっているため、開口率の低下は実質的にCS電極による低下分のみである。従って、突起を設けても開口率は低下しないことになる。第14実施例の配置は、ドメイン規制手段として突起を使用する構成であれば適用可能である。

【0101】図80は、第14実施例の変形例における電極12、13のスリット21とCS電極35の配置を示す図であり、（1）が上面図を、（2）が断面図を示す。スリット21はドメイン規制手段として働くが、その部分は漏れ光を生じるので、遮光することが望ましい。ここでは第14実施例と同様に、CS電極35を分割してそれぞれをスリット21の部分に配置して漏れ光を遮光している。なお、CS電極35の合計の面積は同じなので、開口率の低下はない。

【0102】図81は、第14実施例の変形例における電極12、13のスリット21とCS電極35の配置を示す図であり、（1）が上面図を、（2）が断面図を示す。突起がジグザグに屈曲している以外は、図79と同じである。図82は、第14実施例の変形例における電極12、13のスリット21とCS電極35の配置を示す図であり、（1）が上面図を、（2）が断面図を示す。この変形例は、突起20Aと20Bの合計の面積の方が、CS電極35の面積よりも大きい場合で、突起20Aと20Bのエッジ部に対応してCS電極35を設け、突起の中央部にはCS電極を設けない。これにより、突起の頂上付近に存在する $90^\circ$ 方位角の異なる微少ドメインを、表示に有効に活用でき、より明るい表示が得られる。

【0103】CS電極35を分割してドメイン規制手段の部分に配置する構成は、ドメイン規制手段として窪みを使用する構成にも適用可能である。以上説明した第14実施例では、ドメイン規制手段を使用した場合の開口率の低下を防止できる。図83は、第15実施例の突起パターンを示す図である。第15実施例では、上下の基板にそれぞれ直線状の突起20Aと20Bを平行に配置し、基板の表面から見た時に、これらの突起20Aと20Bが互いに直角に交差するように配置する。電極間に電圧を印加しない状態では、液晶分子14は基板表面に対して垂直に配向するが、突起20Aと20Bの斜面付

(18)

33

近の液晶分子は斜面に垂直に配向する。従って、この状態で、突起20Aと20Bの斜面付近の液晶分子は傾斜しており、しかも傾斜の方向が突起20Aの付近と突起20Bの付近で90度異なっている。電極間に電圧を印加すると、液晶分子は基板に平行になる方向に傾くが、突起20Aの付近と突起20Bの付近で90度異なる方向に規制されているため捩じれる（ツイストする）。第15実施例におけるツイストした場合の画像の変化は、図2に示したTN型と同じであり、電圧無印加時が図2の(3)に示す状態であり、電圧印加時が(1)に示す状態になる点だけが異なる。また、図83に示すように、第15実施例においては、突起20Aと20Bで囲まれる範囲内に4つの異なるツイスト領域が形成される。従って、視角特性も良好である。なお、隣接する領域ではツイストの方向が異なる。

【0104】図84は、第15実施例における応答速度が第1実施例における応答速度より速くなる理由を説明する図である。図84の(1)は、電圧を印加しない状態を示し、液晶分子は基板に垂直に配向している。電圧を印加すると、第15実施例のLCDでは(2)に示すように、ツイストするように傾く。これに対して、第1実施例のLCDでは(3)に示すように、突起に接している液晶分子をトリガとして他の部分の液晶分子が配向するが、上下の突起の中央付近の液晶は、規制されていないので配向を変化させる時にばたつき、ある程度時間が経過した後、(4)に示すように同じ方向に配向する。一般的に、突起を使用したVA方式のLCDに限らず、LCDはツイストしての変化は高速であり、第15実施例の方が第1実施例より応答速度が高速になる。

【0105】図85は、第15実施例のLCDの視角特性を示す図である。視角特性は、第1実施例のVA方式のLCDと同様に非常に良好であり、TN方式よりはもちろん良好であり、IPS方式と比較しても同等以上である。図86の(1)は、第15実施例のLCDで64階調表示を行う場合の、16階調目、32階調目、48階調目、64階調目と黒(1階調目)との間の変化における応答速度を示す図である。参考として、TN方式の応答速度を図86の(2)に、配向を分割しないモノドメインVA方式の応答速度を図87の(1)に、第1実施例の平行な突起を使用したマルチドメインVA方式の応答速度を図87の(2)に示す。例えば、全黒から全白への応答速度は、TN方式では58ms、モノドメインVA方式では19ms、マルチドメインVA方式では19msであるのに対して、第15実施例では19msであり、他のVA方式と同じレベルである。全白から全黒への応答速度は、TN方式では21ms、モノドメインVA方式では12ms、マルチドメインVA方式では12msであるのに対して、第15実施例では6msと他のVA方式に比べても良好である。更に、全黒から16階調目への応答速度は、TN方式では30ms、モノ

34

ドメインVA方式では50ms、マルチドメインVA方式では130msであるのに対して、第15実施例では28msであり、TN方式と同じレベルであり、他のVA方式よりはるかに良好である。16階調目から全黒への応答速度は、TN方式では21ms、モノドメインVA方式では9ms、マルチドメインVA方式では18msであるのに対して、第15実施例では4msであり、他のどの方式よりも良好であった。なお、IPS方式については、他の方式に比べて応答速度は非常に遅く、全黒から全白への応答速度と全白から全黒への応答速度は75ms、全黒から16階調目への応答速度は200ms、16階調目から全黒への応答速度は75msであった。

【0106】このように、第15実施例のLCDは、視角特性及び応答速度とも非常に良好である。図88は、上記のようなツイスト型のVA方式を実現する他の突起パターンを示す図である。図88の(1)では、それぞれの基板に直角な2方向に延び、交差しないように断続して突起20Aと20Bを設け、それぞれの突起が基板から見た時に交差するように2枚の基板を配置する。この例では、図83とは異なる形で4つのツイスト領域が形成される。各ツイスト領域ではツイストの方向は同じであり、回転位置が90度ずつずれている。また、図88の(2)では、それぞれの基板に直角な2方向に延び、互いに交差する突起20Aと20Bを設け、両方向にずらして配置する。この例では、ツイスト方向の異なる2つのツイスト領域が形成される。

【0107】図83及び図88において、2枚の基板に設けられる突起20Aと20Bは、直交するように交差する必要はない。図89は、図83の突起20Aと20Bが90度以外の角度で交差するように配置した例を示す。この場合もツイスト方向の異なる4つのツイスト領域が形成されるが、対向する2つの領域では、ツイスト量が異なることになる。

【0108】更に、図83、図88及び図89で示した突起20Aと20Bの替わりにスリットを設けても同様の結果が得られた。図83の第15実施例では、突起20Aと20Bで囲まれる枠では、突起近傍に比べて中央部では配向を制御するものがなく、突起から遠いため配向が乱れやすくなる。このため、配向が安定するために時間がかかり、中央部の応答速度が遅くなることが予想される。隣り合う二辺となる突起の影響を強く受けるため、枠の角部分がもっとも応答が速い。この角の部分での配向の影響が中央部に伝わり、そこで他のツイスト領域の影響とぶつかり、領域が確定されて安定する。このように、電圧印加時にすべての液晶が同時に配向するわけではなく、ある部分が先に配向し、それが周囲に伝わっていくため、突起から離れた中央部では応答速度が遅くなる。また、例えば、図83のように交差して作る枠が正方形となる場合には四隅から伝わるが、図89のよ

(19)

35

うに交差して作る枠が平行四辺形の場合には、より突起の影響が強くなる鋭角部分から中央部に伝わっていった中央部で影響がぶつかり、更に鈍角部分の角に伝わっていく。このため、枠が正方形より平行四辺形である場合の方が、応答速度が遅くなる。このような問題を解決するため、図90に示すように、枠の中央部に枠と相似な突起20Dを設ける。例えば、突起20Aと20Bは、幅を $5\mu\text{m}$ 、高さを $1.5\mu\text{m}$ 、突起の間隔を $25\mu\text{m}$ とし、突起20Dは底面が $5\mu\text{m}$ の正方形の四角錐としたこと、良好な応答速度が得られた。

【0109】図91は、図89の突起パターンの中の枠の中心に突起を設けた例である。これにより、図83と同様な結果が得られた。図83、図88及び図89で示した突起20Aと20Bが交差する構成では、突起20Aと20Bの高さの和が基板の間隔、すなわち液晶層の厚さと等しくなるようにすれば、突起20Aと20Bが交差する部分で液晶層の厚さを規定することができる。これにより、スペーサを使用する必要がなくなる。

【0110】図92は第16実施例におけるパネル構造を示す図であり、(1)が側面図を、(2)が1個の格子に相当する部分の斜視図を示す。また、図93は第16実施例における突起パターンをパネルに垂直な方向から見た図である。図示のように、第16実施例では、一方の基板の上に設けた電極12の上には交差したマトリクス状に突起20Aを形成し、他方の基板の電極上には対向する格子の中心位置に相当する位置に四角錐状の突起20Bを形成する。図92の(2)に示す領域では、図12の(2)に示す原理で配向が分割され、しかも上下左右均等に分割される。実際には電極間の距離(液晶層の厚さ)を $3.5\mu\text{m}$ に、突起20Aと20Bの横方向の間隔を $10\mu\text{m}$ に、突起の高さを $5\mu\text{m}$ で試作した結果では、視角特性は、図22に示した第1実施例のものと同程度であった。

【0111】図257は、第16実施例の変形例を示す図であり、(1)は突起パターンを、(2)は断面図を示す。この変形例は、第16実施例のマトリクス状の突起と四角錐状の突起の配置を逆にしたものである。すなわち、CF基板16の電極12上に配置する突起20Aを四角錐状とし、TFT基板17側の突起20Bを交差した2次元のマトリクス状とする。突起20Aは画素9の中心に配置し、突起20Bは画素配列と同じピッチとし、画素9の間のバスライン上に配置する。従って、各画素内において液晶は4つの方向に配向される。図257の(2)に示すように、画素の中央では突起20Aによってドメインが分割される。また、画素電極13の外側には配置された突起20Bは、図示のように画素の境界で配向を分割する。更に、この部分では画素電極のエッジがドメイン規制手段として働く。突起20Bによる配向規制力と画素電極のエッジの配向規制力は一致するので、安定した配向分割が行える。この変形例では、突

36

起20Aと突起20B及び画素電極13のエッジとの距離が長いので、応答速度は若干低下するが、画素内にあるのは突起20Aのみであるので、画素内で突起の占める面積が小さく、表示輝度を高くできる。更に、突起20Bをバスラインの形成工程で形成すれば、工程が増加しないので、製造コストを低減できる。

【0112】以上説明した第1実施例から第16実施例では、液晶の配向を分割するドメイン規制手段として絶縁材料であるレジストで製作された突起を使用しており、これらの実施例では主として突起の斜面の形状を利用している。しかし、絶縁性の突起は電界遮蔽効果も非常に重要である。液晶の駆動は、一般的には交流波形で行われるが、液晶材料面での応答速度の改善に伴い、1フレーム内(直流が印加される)での影響、すなわち直流波形による影響についての十分に考慮する必要がある。従って、液晶の駆動波形には、交流特性と直流特性の2面があり、双方の必要条件が満足されなければならない。そこで、この液晶の駆動特性に電界を低減させるという所望の影響を与えるために配設される上記のレジストは、交流特性と直流特性の双方において所定の条件に設定される必要がある。具体的には、レジストは、交流特性としても直流特性としても電界を低減させるように設定される必要がある。

【0113】まず、直流特性の観点から、比抵抗 $\rho$ が、液晶層の抵抗に対して影響を及ぼす程度に高い必要がある。すなわち、液晶の比抵抗(例えば、TFT駆動用の液晶は $10^{12}\Omega\text{cm}$ 程度又はそれ以上の値)と同等以上の値に設定されるためには、 $10^{12}\Omega\text{cm}$ 以上の値が必要であり、 $10^{13}\Omega\text{cm}$ 以上であれば更に望ましい。次に、交流特性の観点から、レジストがその直下の液晶層の電界を低減させる作用を持つためには、その電気容量値(誘電率 $\epsilon$ と膜厚と断面積とで決まる値)が、そのレジスト下の液晶層の電気容量値に比べて約10倍以下の値(インピーダンスとして約 $1/10$ 以上の値)であることが必要である。例えば、レジストは誘電率 $\epsilon$ が約3であるから、液晶層の誘電率 $\epsilon$ (約10)のほぼ $1/3$ であり、膜厚が約 $0.1\mu\text{m}$ の場合には液晶層の膜厚(例えば約 $3.5\mu\text{m}$ )のほぼ $1/35$ である。この場合、絶縁膜の容量値は、絶縁膜下の液晶層の容量値の約10倍となる。すなわち、レジスト(絶縁膜)は、そのインピーダンスがその直下の液晶層のインピーダンスの約 $1/10$ の値となるため、液晶層の電界分布に影響を与えることができる。

【0114】従って、レジストの斜面による形状効果に加えて電界分布による影響が得られ、より安定した強固な配向が得られる。電圧が印加されると、液晶分子は傾斜するが、配向分割領域(レジスト上)の中は十分に低強度の電界であり、この中ではほぼ垂直に配向する液晶分子が安定に存在し、その両側に発生するドメインの障壁(分離壁)として作用する。そして更に高い電圧を印



(20)

37

加すると、今度は分割領域（レジスト上）の中の液晶も傾斜し出す。しかし、今度は先程レジストの両脇に形成されたドメインがレジストにほぼ水平な方向へと傾斜する。（非常に強固な配向が得られる。）この状態を得るには、分割領域の絶縁層（レジスト）がその直下の液晶層の約10倍以下の容量値を有する必要がある。すなわち、誘電率 $\epsilon$ が小さい材料がよく、膜厚は厚いものほどよい。誘電率 $\epsilon$ が約3で、0.1 $\mu\text{m}$ 以上の膜厚の絶縁膜がよいことを示しているが、更に小さい誘電率 $\epsilon$ と更に厚い膜厚とを有する絶縁膜を用いれば一層好ましい作用・効果を得ることができる。第1実施例から第16実施例では、誘電率 $\epsilon$ が3のノボラック系レジストで、膜厚1.5 $\mu\text{m}$ の突起を設け、配向分割状況について観察したが、非常に安定した配向が得られた。ノボラック系のレジストはTFTやCFの製造工程で広く使われているため適用に際しては大きなメリット（設備の増設が不用等）がある。

【0115】また、他のレジストや平坦化材に比べても高い信頼性が得られ問題は全くない事を確認した。また、このような絶縁膜を両側の基板に用いることにより、更に好ましい作用・効果を得ることができる。なお、絶縁膜としては、上記のノボラック系レジスト以外にもアクリル系のレジスト（ $\epsilon=3.2$ ）でも効果を確認したが、同様の結果が得られた。

【0116】第1から第16実施例では、電極にスリット部を設けるか、電極上に絶縁体の突起を形成して液晶分子の配向を分割するようにしたが、他の形にすることも可能であり、以下それらの例のいくつかを示す。図94は第17実施例のパネル構造を示す図であり、（1）は斜視図であり、（2）は側面図である。図示のように、第17実施例では、ガラス基板16と17の上に一方向に平行に延びる突起50を形成し、その上に電極12と13を形成する。突起50は半ピッチずれて配置されている。従って、電極12と13は一部が突き出た形状になる。電極の上には垂直配向処理が行われる。このような形状の電極を使用した場合、電極間に電圧を印加すると、電界は垂直方向になるが、配向の方向は突起部を境として2方向に分かれる。従って、視角特性は従来よりは改善される。しかし、突起が絶縁物である場合とは電界分布が異なり、形状のみの効果によって配向を分割する事となる。そのため、配向の安定性は絶縁体の突起に比べやや劣る。しかし、上記のように電極上に設ける突起は低誘電率の絶縁材料を使用する必要があるという制約があり、使用できる材料に制約がある。更に、そのような材料で突起を形成するには各種の条件を満たす必要があり、工程の簡略化の上で問題があった。これに対して、第17実施例のパネル構造であれば、このような制約がないという利点がある。

【0117】図95は、第18実施例のパネル構造を示す図である。この実施例は、ドメイン規制手段として、

38

ITO電極12と13の上に設けた絶縁層51に溝を設けたもので、溝の形状は、第2実施例から第9実施例で示した突起や電極スリットの形状が適用できる。この場合は、上記の斜め電界による効果は突起の場合と同様に配向を安定させる方向に作用する。

【0118】図96は、第19実施例のパネル構造を示す図である。図示のように、この実施例では、ガラス基板16、17の上にそれぞれ電極12、13が形成されており、その上に導電体材料で幅10 $\mu\text{m}$ で深さ1.5 $\mu\text{m}$ の溝23A、23Bを有する層62を形成し、その上に垂直配向膜22を形成した。なお、液晶層の厚さは3.5 $\mu\text{m}$ であり、カラーフィルタ層39や、バスライン、TFTなどの図示は省略してある。窪みの部分で液晶の配向が分割されていることが観察された。すなわち、窪みもドメイン規制手段として作用することを確認した。

【0119】第19実施例のパネル構造では、突起の場合と同様に、基板に窪み23A、23Bを所定の同じピッチ40 $\mu\text{m}$ で配置し、上と下の窪み23A、23Bが半ピッチずれるように配置しているため、隣接する上下の窪みの間に同じ配向になる領域が形成される。図97は、第20実施例のパネル構造を示す図である。第20実施例では、ガラス基板16、17の上にそれぞれカラーフィルタ（CF）樹脂を使用して幅10 $\mu\text{m}$ で深さ1.5 $\mu\text{m}$ の溝23A、23Bを有する層62を形成し、その上に電極12、13を形成し、更に垂直配向膜を形成した。すなわち、電極12、13の一部が窪んでいる。そして、突起23A、23Bは所定の同じピッチ40 $\mu\text{m}$ で配置され、上と下の窪み23A、23Bが半ピッチずれるように配置されている。この場合も、第19実施例と同様の結果が得られた。なお、第20実施例では、窪みを有する構造物が電極の下に設けられるので、材料に関する制約が少なく、CF樹脂など他の部分で使用する材料が使用できる。

【0120】突起とスリットの場合には、その部分で液晶分子が逆方向に広がるように配向が分割されるが、窪みの場合にはその部分で液晶分子が向き合うように配向が分割される。すなわち、窪みの配向分割の作用は突起とスリットのそれと逆の関係にある。従って、ドメイン規制手段として窪みと突起又はスリットを組み合わせる使用する場合にはこれまでの実施例と望ましい配置が異なる。ドメイン規制手段として窪みを使用する場合の配置について説明する。

【0121】図98は、窪みとスリットを組み合わせた場合の望ましい配置例の1つを示す図である。図示のように、図97に示した第20実施例の窪み23Aと23Bに対向する位置にスリット21Aと21Bを配置する。対向する窪みとスリットによる液晶の配向分割の方向は同じであるので、より配向が安定する。例えば、第20実施例の条件で窪みを形成し、スリットの幅を15



(21)

39

$\mu\text{m}$ とし、窪みとスリットの中心の間隔を $20\mu\text{m}$ とした場合、スイッチング時間は、 $0-5\text{V}$ の駆動条件では $25\text{ms}$ で、 $0-3\text{V}$ の駆動条件では $40\text{ms}$ であった。これに対して、スリットのみを使用した場合には、それぞれ $50\text{ms}$ と $80\text{ms}$ であった。

【0122】図99は、図98のパネル構造において、一方の基板（この場合は基板16）側の窪み20Aとスリット21Aを除いたもので、隣接する窪み20Bとスリット21Bの間に同じ配向方向の領域が形成される。なお、図98と図99のパネル構造において、スリットの替わりに同じ位置に突起を設けても同様の特性が得られ、応答速度は更に改善される。

【0123】図100は、一方の基板17の電極13に窪み23Bが設けられており、対向する基板16に突起20Aとスリット21Aを窪み23Bに対向する位置に交互に配置する。この場合、隣接する窪み23Bと突起20Aの組と窪み23Bとスリット21Aの組では配向の方向が異なるので、窪みの中央付近に配向の領域の境界が生成される。

【0124】図101は第21実施例のパネル構造を示す図である。第21実施例は、第19実施例の電極に窪みを設ける構成を単純マトリクス型のLCDに適用した実施例である。この場合も、電極12、13の表面の一部が窪んでおり、窪みの部分を境として配向の方向が分割される。上記のように、窪みの配向分割の作用は突起とスリットのそれと逆の関係にある。この関係を利用して、組み立て誤差があっても配向分割の割合を変えないようにすることができる。まず、第21実施例のパネル構造における組み立て誤差について説明する。

【0125】図102は、ドメイン規制手段として両方の基板に突起を設けた場合のパネル断面である。これまで説明したように、コモン電極12上に設けられた突起20Aと、セル電極13上に設けられた突起20Bにより配向が規制される領域が規定される。図102の

(1)では、突起20Bの右側の傾斜面と突起20Aの左側の傾斜面で規定される領域をA、突起20Bの左側の傾斜面と突起20Aの右側の傾斜面で規定される領域をBとしている。

【0126】ここで、図102の(2)に示すように、組み立て誤差により、CF基板16がTFT基板17に対して左側にずれたとすると、領域Aが減少し、領域Bが増加する。従って、領域Aと領域Bの比率は1対1でなくなり、配向分割される液晶分子の割合が等しくなるので、視角特性が劣化する。図103は、第22実施例のパネル断面を示す図である。第22実施例では、図103の(1)に示すように、TFT基板17に窪み22Bと突起20Bを設け、次にCF基板16に窪み20Aと突起22Aを設け、これを繰り返す。図103の(2)に示すように、組み立て時にCF基板16がTFT基板17に対してずれた場合、突起20Bと突起20

40

Aで規定される領域A'は減少するが、窪み22Bと窪み22Aで規定される領域A'が増加分だけ増加するので、領域Aは変化しない。領域Bは、突起20Bと窪み22B及び突起20Aと窪み22Aで規定されるが、この間隔は変化しないので領域Bは一定である。従って、領域Aと領域Bの比率は一定であり、視角特性は良好なまま維持される。

【0127】図104は、第23実施例のパネル断面を示す図である。第23実施例では、図示のように、CF基板16に突起22Aと窪み20Aを交互に設け、これを繰り返す。領域Aは突起20Aの左側の傾斜面と窪み22Aの右側の傾斜面で規定され、領域Bは突起20Aの右側の傾斜面と窪み22Aの左側の傾斜面で規定される。従って、一方の基板に設けた突起と窪みだけで配向の領域が規定されるので、組み立ての精度は影響しない。

【0128】これまでに説明した実施例は、全方向にわたって大きな視野角が得られるようにすることを目的とした実施例である。しかし、液晶パネルの用途によっては、かならずしも視野角が大きい必要がない場合や、特定の方位で大きな視野角が得られればよい場合がある。これまで説明したドメイン規制手段による配向分割の技術を使用することにより、このような用途に適したLCDを実現することができる。次に、このような特殊用途のLCDに本発明の技術を適用した実施例を説明する。

【0129】図105は、第24実施例のパネル構造を示す図であり、(1)が上面図を、(2)が(1)のY-Y'の断面図を示す。図示のように、基板16と17にはそれぞれ直線状の突起20Aと20Bが同じピッチで設けられており、突起20Aと20Bは対向する位置から少しずらして配置されている。言い換えれば、図102に示した構造で、Bの領域を非常に狭くしてほとんどAの領域にしたものである。

【0130】第24実施例のパネルは、例えば、投射型LCDに使用されるものである。投射型LCDは、視角特性は狭くてもよく、応答速度が速く、高コントラストで高輝度であることが要求される。第24実施例のパネルは、配向方向が実質的に一方向である（モノドメイン）であるため、視角特性は従来のVA方式と同じであり、良好とはいえない。しかし、突起20Aと20Bが設けられているため、これまで説明した実施例のLCDと同様に、応答速度は従来のものに比べて非常に改善される。また、コントラストについては、他のVA方式と同様のレベルのものが得られるので、従来のTN方式やIPS方式と比べて良好である。図27で説明したように、突起20Aと20Bの部分は、配向が乱れて漏れ光が透過するので、コントラストを高くするには、突起20Aと20Bの部分を遮光することが望ましい。一方、輝度については、画素電極13の開口率を高くすることが望ましい。そこで、図105に示すように、突起20

(22)

41

Aと20Bは画素電極13のエッジ部に設けられている。これにより、突起20Aと20Bが開口率を低下させることなく、高輝度になる。

【0131】応答速度の点からは、突起20Aと20Bの間隔を狭くすることが望ましいが、そのためには画素電極13の範囲に突起20Aと20Bを配置する必要がある。画素電極13の範囲に突起20Aと20Bを設けるとその部分を遮光する必要がある、その分開口率が低下する。このように、応答速度、コントラスト及び輝度はトレードオフの関係にあり、使用目的などに応じて適宜設定する必要がある。

【0132】図106は、第24実施例のモノドメインを形成する技術を利用して、3方向の視角特性が良好なLCDパネルを実現する構造を示す図である。この構造では、1つの画素内に、同じ割合の2つの横方向の配向の領域と、1つの縦方向の配向の領域を形成するように、突起20Aと20Bを設ける。同じ割合の2つの横方向の配向の領域は、図102に示すように、突起20Aと20Bを半ピッチずらして配置することで形成され、1つの縦方向の配向の領域は、図105に示すように、突起20Aと20Bを近接して配置することにより形成される。これにより、左右及び下側の視角特性は良好であるが、上側の視角特性は他の方向より劣るパネルが実現される。

【0133】第24実施例のようなLCDは、例えば、電車のドア上に設けられる表示装置など、高い位置に設けられ、多数の人が下から見上げるように配置される表示装置に使用される。図87に示したように、配向分割を行わないVA方式のLCD及び突起などで配向分割を行うVA方式のLCDは、黒から白又は白から黒への応答速度はTN方式などに比べて良好であるが、中間調間での応答速度は十分とはいえない。第25実施例では、このような点を改善する。

【0134】図107は、第25実施例におけるパネル構造を示す図であり、(1)はパネル面から見た突起の形状を示し、(2)は断面図である。図示のように、1つの画素内で、突起20Bの位置を変えて突起20Aとの間隔が異なる部分を設ける。従って、2方向に配向されるドメインの割合は等しくでき、視角特性は対称である。図示のような構造にすることにより、中間調間での応答速度が改善したように見える。この原理を図108から図111を参照して説明する。

【0135】図108は、突起間隔による応答速度及び透過率の変化を測定するために製作したパネルの構造を示す図である。突起20Aと20Bの高さは $1.5\mu\text{m}$ で、幅は $10\mu\text{m}$ で、液晶層の厚さは $3.5\mu\text{m}$ である。突起の一方の間隔d1を $20\mu\text{m}$ とし、他方の間隔d2を変化させ、電極間に印加する電圧を中間調に相当する0Vと3Vの間で変化させた時の、間隔d1の領域とd2の領域の応答速度と透過率を測定した。

42

【0136】図109は、上記のようにして測定した応答速度の結果を示すグラフである。このグラフは、図20に示した対象部分を抜き出したものに相当する。図から明らかなように、間隔d2が狭くなるに従って応答時間が低下することが分かる。図110の(1)は、間隔d2をパラメータとして印加電圧を変化させた時の透過率の変化を示す。図110の(2)は、間隔d2をパラメータとした電圧を0Vから3Vに変化させた時の透過率の変化を示す。図110から、突起の間隔d2を小さくすることにより、中間調の応答速度が大幅に改善されることが分かる。しかし、突起の間隔d2を小さくすることにより、最大透過率が低下する。図111の(1)は、各d2での透過率の時間変化を正規化して示したグラフであり、(2)は液晶の配向変化を説明する図である。図111の(1)に示すように、透過率が最大透過率の90%に達するまでの時間をオン応答時間とし、d2が $10\mu\text{m}$ の時のオン応答時間を $T_{on1}$ 、d2が $20\mu\text{m}$ の時のオン応答時間を $T_{on2}$ 、d2が $30\mu\text{m}$ の時のオン応答時間を $T_{on3}$ とすると、 $T_{on1} < T_{on2} < T_{on3}$ の順である。このような差を生じるのは、図111の(2)に示すように、電圧無印加時には突起の近傍の液晶のみが突起の斜面に垂直に配向しており、突起から離れた液晶は電極に垂直に配向している。電圧を印加すると液晶は傾くが、どちらの方向に傾くかは電極に垂直な軸に対して $360$ 度の方向を取りえる。突起の近傍の液晶は電圧無印加時に配向しており、これをトリガとして突起の間の液晶がそれに沿うように配向する。このようにして同じ方向に配向するドメインが形成される。従って、突起に近いほど高速に配向する。

【0137】前述のように、現状のVA方式のLCDで、黒と白の間の応答時間は十分に短く、応答速度が問題になるのは中間調での応答時間である。図107に示すような構造の場合、間隔d2'の狭い領域での透過率が短時間に変化し、間隔d2'の広い領域での透過率がゆっくり変化する。間隔d2'の領域は間隔d2'の領域より狭く、透過率に寄与する割合は小さいが、人間の目は対数的な特性を有するので、間隔d2'の狭い領域での透過率が少し変化しても比較的大きな変化として捕らえる。従って、間隔d2'の狭い領域での透過率が短時間に変化すれば全体として急激に変化したように感じる。

【0138】以上のように、第25実施例のパネルであれば、透過率を低下させずに、中間調間での応答速度が改善したように見える。図112は、第26実施例のパネル構造を示す図である。図示のように、第26実施例においては、基板16、17に突起20Aと20Bを等ピッチで設け、その上に電極12と13を形成するが、突起20Aと20Bの一方の斜面には電極を形成しないようにし、更に垂直配向膜を形成する。そして、突起20Aと20Bの電極の形成されている斜面と電極が形成

(23)

43

されていない斜面同士が隣接するように配置する。電極が形成されていない斜面間の領域では、液晶はこの斜面に垂直に配向し、これにより配向方向が決定される。なお、液晶層における電界は図中で破線で示すようになっており、液晶は電界に沿って配向するので、電極が形成されていない斜面付近での電界による配向方向は、斜面による配向方向と一致する。

【0139】一方、電極の形成されている斜面の間では、斜面付近の液晶は斜面に対して垂直に配向しているが、この領域における電界の配向方向は斜面による配向方向と異なる。そのため、この領域の液晶は、電圧を印加すると斜面付近を除いて電界に沿って配向する。これにより、2つの領域における配向方向は等しくなり、モノドメイン配向が得られる。

【0140】第26実施例のパネルに負の屈折率異方性を有し、リタデーションが液晶パネルのリタデーションと同じ位相差フィルムを重ねた時のコントラストに関する視角特性を図113に示す。広い視野角にわたって高いコントラストが得られた。なお、このパネルを投射型プロジェクタに組み込んだ時には、コントラスト比300以上となった。なお、通常のTN方式のLCDを投射型プロジェクタに組み込んだ時に得られるコントラスト比は100程度であり、大幅に改善されたことが分かる。

【0141】第1実施例などのドメイン規制手段として突起を設けたパネルを駆動した場合、ゲートバスライン、データバスラインの近傍において、表示品質の劣化が見られた。これはバスライン近傍で好ましくない微少ドメイン領域が発生し、その発生に伴って液晶の配向が乱れ、応答速度が低下するためということが分かった。このような乱れが発生すると、更に視角特性や色特性が低下する。次に説明する第27実施例では、そのような問題を解決する。

【0142】図114は、第1実施例に示された直線の突起を繰り返すパターンの例を示す図である。この突起パターンは、一定の幅で一定の高さの突起が所定のピッチで繰り返されていた。従って、図114で、突起の幅 $l$ と間隙 $m$ はそれぞれ一定の値 $l_1$ と $m_1$ である。なお、突起の幅については一方の基板に形成される突起と他方の基板に形成される突起で異なる例が示されているが、基板毎に形成される突起については幅 $l$ は一定である。また、突起の高さ $h$ についても一定であった。

【0143】図115は、使用した液晶の光学異方性の波長分散特性を示す図である。図示のように、短波長ほどリタデーション $\Delta n$ が大きくなることが分かる。従って、青(B)画素、緑(G)画素、赤(R)画素の順でリタデーション $\Delta n$ が大きくなり、色によって液晶層を通過する間のリタデーション $\Delta n$ に差が生じる。この差はできるだけ小さいことが望ましい。

【0144】図116は、本発明の第27実施例の突起

44

パターンを示す図である。第27実施例では、青(B)画素13B、緑(G)画素13G、赤(R)画素13Rの各画素で、突起の幅 $l$ は同じであるが、突起の間隙 $m$ を異なる値にしている。具体的には $m$ を、B画素13Bでは $m_1$ に、G画素13Gでは $m_2$ に、R画素13Rでは $m_3$ にしておき、 $m_1 > m_2 > m_3$ である。

【0145】突起の間隙 $m$ が小さいほど液晶分子が受ける電界ベクトルの影響が強くなり、駆動に伴う電界ベクトルの問題を抑制することができる。図117は、印加電圧と透過率の関係を突起の間隙を変化させて測定した結果を示す図であり、間隙 $m$ が大きくなればそれだけ開口率が増すため透過率も向上する。液晶の光学異方性の波長分散特性は図115の通りであるから、図116のように各色画素毎に突起の間隙 $m$ を変えることにより、色によって液晶層を通過する間のリタデーション $\Delta n$ の差を小さくできることになり、色特性を改善できる。

【0146】図118は、本発明の第28実施例の突起パターンを示す図である。第28実施例では、青(B)画素13B、緑(G)画素13G、赤(R)画素13Rの各画素で、突起の間隙 $m$ は同じであるが、突起の幅 $l$ を異なる値にしている。効果は、第27実施例と同じである。図119は、本発明の第29実施例の突起パターンを示す図である。第29実施例では、各画素内において、突起の間隙 $m$ を、上側と下側のゲートバスラインに近い領域では小さな値 $m_1$ にし、中央の領域では大きな値 $m_2$ にしている。ゲートバスラインやデータバスラインなどのバスライン近傍においては、駆動に伴う電界ベクトルにより、液晶分子が表示に適さない状態に倒れるドメインが発生する場合があります。これが表示品質を低下させていた。第29実施例では、ゲートバスラインに近い領域では突起の間隙を狭くしてゲートバスラインが発生する電界ベクトルの影響を受けにくくしている。これにより、好ましくないドメインの発生が抑制され、表示品質が向上する。なお、突起の間隙を狭くするとその分開口率が低下して暗くなるため、開口率の点からは突起の間隙は広いほうがよい。第29実施例のような突起パターンにすることにより、開口率の低下を最小限にしてゲートバスラインが発生する電界ベクトルの影響を低減できる。

【0147】図120は、図119の第29実施例の突起パターンを実際に実現した場合の画素構造を示す図である。図示のように、第30実施例では、突起の高さを徐々に変化させている。図122は突起の高さを変化させた時の印加電圧と透過率の関係の変化を、図123は突起の高さを変化させた時の印加電圧とコントラスト比の関係の変化を、図124は突起の高さに対する白状態の透過率の変化を、図125は突起の高さに対する黒状態の透過率の変化を示す図である。これらの図は、突起を形成するレジストの幅と間隙をそれぞれ7.

(24)

45

5  $\mu\text{m}$ と15  $\mu\text{m}$ 、セル厚は約3.5  $\mu\text{m}$ とし、レジストの高さを、1.537  $\mu\text{m}$ 、1.600  $\mu\text{m}$ 、2.3099  $\mu\text{m}$ 、2.4486  $\mu\text{m}$ とし、実験装置で透過率とコントラスト比を測定した結果である。

【0148】この結果から、レジストが高くなるとそれに応じて白状態（5V印加時）透過率も増加する。これは液晶を傾斜させるための補助的な役割を担う突起が大きいため、液晶分子がより確実に倒れるためであると思われる。黒状態（電圧無印加時）での透過率（漏れ光）も突起の高さが増せば増すほど増加する。これは黒のレベルを落とす方向に作用するためあまり好ましくない。従って、コントラスト（白輝度/黒輝度）は突起が高くなるほど低下するので、突起の材料としては遮光材料を使用し、突起の高さはあまり高くしないことが望ましい。

【0149】いずれにしろ、突起の高さを変化させることにより、液晶の配向状態を変えることができるので、各カラー画素毎に突起の高さを変化させて色特性を調整したり、バスラインとの距離に応じて適当な突起の高さを設定することによりより良好な表示が可能になる。例えば、R画素では突起の高さを高くし、G画素、B画素の順で突起の高さを小さくしたり、1画素内において、バスラインの近傍では突起の高さを高く、中央部では突起の高さを低くする。

【0150】なお、突起の高さをセル厚と同じ高さまで増加したとしても一応画面表示は問題なくできることを確認した。従って、突起の高さを、図126の(1)に示すようにセル厚と同じ、又は図126の(2)に示すように、2枚の基板の対向する位置に突起を設け、それらの高さの和がセル厚と同じになるようにすることで、突起にパネルスペースの役割をさせることができる。

【0151】図127は、第31実施例の突起パターンを示す図である。ここでは図127の(1)に示すように、突起の側面の傾斜を、側面が基板（電極）とのなす角 $\theta$ で規定する。この角度をテーパ角と呼ぶこととする。第31実施例では、突起20のテーパ角 $\theta$ が図127の(2)に示すようにいくつかの値を取りえるとする。一般に、テーパ角 $\theta$ が大きいほど、液晶の倒れ込む配向状態は良好になる。従って、テーパ角 $\theta$ を変化させることにより、液晶の配向状態を変えることができるので、各カラー画素毎にテーパ角 $\theta$ を変化させて色特性を調整したり、バスラインとの距離に応じて適当なテーパ角 $\theta$ を設定することによりより良好な表示が可能になる。例えば、R画素ではテーパ角 $\theta$ を大きく、G画素、B画素の順でテーパ角 $\theta$ を小さくしたり、1画素内において、バスラインの近傍ではテーパ角 $\theta$ を大きく、中央部ではテーパ角 $\theta$ を小さくする。

【0152】以上説明したように、突起の間隔、幅、高さ、テーパ角などを変化させることにより、突起の配向規制力が変化するので、カラー画素毎に又は1画素内で

46

これらの条件を異ならせて部分的に突起の配向規制力に差を付けて、液晶の視角特性・応答速度を理想的な状態に近づけることが可能となる。図115に示すように、液晶のリタデーションは波長に依存する。そこで、この特性に着目して白表示の輝度を向上させると共に、全カラー画素について高い応答速度を実現した液晶パネルの実施例を説明する。

【0153】まず、VA方式の波長依存性について簡単に説明する。図128は、負の誘電異方性を有する液晶（n型液晶）を用いた垂直配向（VA）方式の液晶表示パネルでツイスト角を持たせた場合の、液晶層のツイスト角の電圧印加による変化を示す図である。電圧無印加時には、一方の基板表面では90度の方向に配向しており、他方の基板表面では0度の方向に配向しており、90度ツイストしている。この状態で電圧を印加すると、基板表面近傍の液晶分子のみが基板表面のアナライジングエネルギーに付随してツイストするが、それ以外の層ではほとんどツイストが起きない。そのため、実質的には旋光（TN）モードとはならず、複屈折モードとなる。図129は、TNモードと複屈折モードにおけるリタデーション $\Delta n d$ の変化に対する相対輝度（透過率）の変化を示す図である。図示のように、複屈折モードはTNモードに比べて液晶の $\Delta n d$ に対して、より急峻な透過率特性を示す。前述のように、n型液晶を用いた垂直配向液晶では、偏光板をクロスニコルにして、電圧無印加時に黒表示、電圧印加時に白表示としている。

【0154】図130は、各波長（R：670nm、G：550nm、B：450nm）における $\Delta n d$ の変化に対する透過率の変化を示す図である。この図から、白表示における輝度が最大となる $\Delta n d$ 、すなわち550nmの波長に対して透過率が最大の $\Delta n d$ に液晶層の厚さを設定すると、450nmに対する透過率が低くなり過ぎるため、輝度最大から求める厚さより薄めに液晶層の厚さを設定し、白表示における色付きを押さえてきた。そのために白表示における輝度がTNモードに比べて暗く、TNモードの液晶表示パネルと同等の白輝度を得るためにはバックライト輝度を明るくする必要がある。しかし、バックライト輝度を明るくするには照明の消費電力を大きくする必要があり、パネルの適用範囲が限定されることになる。また、白輝度重視で液晶層の厚さを厚くした場合には、TNモードに比べて450nmに対する透過率が低くなり過ぎるため、白表示においてパネルが黄色付いてしまうという問題があった。

【0155】一方、視野範囲を広げるために位相差フィルムを付加することが行われているが、液晶層の厚さが厚くなると、極角（左右）方向の色変化が大きくなり、位相差フィルムのリタデーション値が同じでも色差がより大きくなるという問題があった。そこで、第32実施例では、各カラー画素の液晶層の厚さを、駆動電圧印加時に透過率が最大となるように個別に設定する。しか

(25)

47

し、液晶層の厚さが異なると、応答速度に差が生じ、動作表示を行った場合に色調を正しく表示できなくなる。そこで、液晶層の厚さを各カラー画素毎に異なる値に設定する場合には、液晶の応答速度を均一にする手段が必要になる。

【0156】図131は、液晶層を上記の3種の波長で最大の透過率が得られるように液晶層の $\Delta n d$ を設定した場合の、突起又はスリットの間隙に対する液晶応答速度の変化を示す図である。液晶応答速度は液晶層の厚さが厚くなるに従って低下する。突起を使用して配向を制御するVA方式のLCDパネルにおいては、液晶応答速度は、突起の誘電率、突起形状、突起の間隙などによって変化するが、誘電率、突起の形状、高さが一定であれば、突起の間隙が狭くなるほど応答速度は速くなる。図131で、例えば、液晶の応答速度を25msとするには、突起又はスリットの間隙を、R画素では20 $\mu m$ に、G画素では25 $\mu m$ に、B画素では30 $\mu m$ に設定する必要があることが分かる。

【0157】また、図132は、突起又はスリットの間隙に対する開口率の変化を示す図である。図131から、突起又はスリットの間隙を、R画素では20 $\mu m$ に、G画素では25 $\mu m$ に、B画素では30 $\mu m$ に設定した場合、それぞれ開口率は80%、83.3%、85.7%になり、開口率に差が生じる。以上の点を考慮して、第32実施例では、各カラー画素の液晶層の厚さを、駆動電圧印加時に透過率が最大となるように個別に設定すると共に、突起の間隙を調整して各カラー画素での応答速度を一致させ、更に開口率が一致するように各カラー画素の面積を変えた。

【0158】図133は、第32実施例のパネル構造を示す図である。図示のように、両方の基板16、17に、R画素部分はなく、G画素部分は0.55 $\mu m$ の厚さで、B画素部分の厚さが1.05 $\mu m$ の構造物71を設けた。この厚さは、n型液晶を用いたVA方式の複屈折モードについてシュミレーションにより最適条件を算出した。更に、突起20Aの高さをR画素で2.45 $\mu m$ に、G画素で1.9 $\mu m$ に、B画素で1.4 $\mu m$ にした。更に、突起の間隙をR画素で20 $\mu m$ に、G画素で25 $\mu m$ に、B画素で30 $\mu m$ にした。更に、B画素：G画素：R画素の面積比を1：1.03：1.07とした。すなわち画素面積をR画素>G画素>B画素の順とした。

【0159】構造物71は、アクリル系樹脂を使用し、レジストをB画素で1.4 $\mu m$ の厚さになるように塗布した上でフォトリソグラフィで幅5 $\mu m$ の突起とした。その上で、垂直配向膜を塗布し、3.6 $\mu m$ のスペーサを散布してシールを形成して貼り合わせ、シールを硬化後液晶の注入を行った。このようにして、液晶層の厚さが、R画素では5.7 $\mu m$ に、G画素では4.6 $\mu m$ に、B画素では3.6 $\mu m$ になる。

48

【0160】図134は、CF基板16に突起を形成し、TFT基板17の画素電極13にスリット21を形成した第32実施例の変形例のパネル構造を示す図である。この変形例では、CF基板16に、R画素部分はなく、G画素部分は1.1 $\mu m$ の厚さで、B画素部分の厚さが2.1 $\mu m$ のアクリル系樹脂の構造物71を設けた。その上にレジストをB画素で1.4 $\mu m$ の厚さになるように塗布した上でフォトリソグラフィで幅5 $\mu m$ の突起とした。これにより、突起の高さは、R画素で3.5 $\mu m$ に、G画素で2.5 $\mu m$ に、B画素で1.4 $\mu m$ になる。突起20Aとスリットの間隙は、R画素で20 $\mu m$ に、G画素で25 $\mu m$ に、B画素で30 $\mu m$ にした。B画素：G画素：R画素の面積比を1：1.03：1.07とした。

【0161】以上のようにして製作した第32実施例及びその変形例のパネルをG画素の液晶層の $\Delta n d$ に合わせた2軸の位相差フィルム（厚み方向のリタレーション値320nm）を付加し、パネル透過率、視野角、極角方向（0度～80度）での色差を測定した。その結果を図252に示す。なお、図252では、第32実施例を実施例Aで、変形例を実施例Bで示し、液晶層の厚さを変えた従来例における測定結果を参考値として示す。

【0162】図252から分かるように、従来例1で示すように透過率を上げるために液晶層の厚さを厚くすると、正面での透過率（輝度）は高くできるが、極角方向で光路長が長くなるため、各波長の透過率は大きく変動し、色差が大きくなる。これに対して、第32実施例及びその変形例のパネルでは、液晶の応答速度を均一化するため突起又はスリットの間隙幅をR画素とG画素で狭くしており、開口率が低い分透過率は従来例2より低下している。しかし、それぞれの液晶層の厚さを駆動電圧印加時（白表示）において透過率最大になるように設定しているため、極角方向での色差は小さくなっている。

【0163】第32実施例及びその変形例のパネルであれば、広い視野角範囲でパネルを色付かせることなく、白輝度をTNモードなみに明るくできる。また、液晶層の厚みに応じて液晶応答速度を均一化しているため、動作表示を行った場合でも色再現性のよい表示が得られる。次に、突起の作り形について説明する。

【0164】CF基板16及びTFT基板17の電極12、13上に突起を形成する場合には、ITO膜で電極を形成した後、レジストを塗布してフォトリソグラフィでパターンニングすることが考えられる。この方法であれば、周知の技術で作れるので、ここでは説明を省略する。上記のような方法で突起を作る場合、突起パターンを形成するための工程を別に設ける必要が生じる。従来の工程をそのまま利用してTFT基板に突起が形成できれば工程の増加が防げる。絶縁性の突起を形成する場合には、従来の工程で使用する絶縁層を更にパターンニングして突起パターンを残すことが考えられ、導電性の突起

(26)

49

を形成する場合には、従来の工程で使用する導電層を更にパターンニングして突起パターンを残すことが考えられる。

【0165】図135は、第33実施例のTFT基板の構造を示す図である。第33実施例では、従来の工程で使用する絶縁層を利用して絶縁性の突起を形成するための構造である。この構造では、まずITO電極13を形成し、その上に絶縁層を形成し、ITO電極13の部分は除去する。この時、突起68の部分は残す。更にゲート電極31を形成し、更に絶縁層を形成し、必要な部分以外は除去するが、この時突起の厚さが必要であれば、突起68の部分は残す。後は従来と同様にデータバスラインとTFTを形成する。図では、参照番号41がドレイン電極（データバスライン）で、65がチャンネル保護膜で、66が素子を分離するための配線層で、67がトランジスタの動作層である。ITO電極13とソース電極はホールにより接続される。

【0166】図136は、第33実施例で製作した突起パターンの例であり、(1)が2つの配向分割領域を形成するための直線状の平行な突起であり、(2)が4つの配向分割領域を形成するためのジグザグな突起である。図において、参照番号68で示す部分が突起に相当し、69が画素部分に相当する。図137は、第34実施例のパネル構造を示す図である。第34実施例では、従来の工程で使用する導電層を利用して導電性の突起を形成するための構造である。この構造では、まずTFTを遮光するためのTFT遮光メタル層70が形成され、その上に絶縁層が形成され、更にITO電極13が形成される。更に絶縁層が形成され、データバスライン及びTFTのソース41、ドレイン42が形成され、その上に絶縁層72が形成される。そして、ゲート電極31の層が形成され、ゲート電極の部分を除いてこの層を除去するが、その時に、突起の部分20Bを残す。

【0167】図138は、第34実施例で製作した突起パターンの例であり、(1)が2つの配向分割領域を形成するための直線状の平行な突起であり、(2)が4つの配向分割領域を形成するためのジグザグな突起である。図において、参照番号20Bで示す部分が突起に相当する。参照番号35は、CS電極である。CS電極35は、ブラックマトリクスとして作用するように、画素電極のエッジに沿って延びているが、突起20Bとは分離されている。これは、CS電極35は画素電極（ITO電極）13に対してある電圧になるが、突起20Bにこの電圧が印加されると液晶の配向に悪影響を及ぼすおそれがあるためである。

【0168】図139は、第35実施例のパネルのTFT基板を製作する工程を示す図である。(1)に示すように、ガラス基板17上にゲート電極31をパターンニングする。次に、SiNx層40、アモルファスシリコン（ $\alpha$ -Si）層72、SiNx層65を順に形成す

50

る。更に、(2)に示すように、SiNx層65をチャンネル保護膜の部分のみを残して $\alpha$ -Si層72までエッチングする。更に、 $n^+$  $\alpha$ -Si層と、データバスライン、ソース41、ドレイン42に相当するTi/Al/Ti層を形成し、パターンニングにてデータバスライン、ソース41、ドレイン42に相当する部分のみを残すようにエッチングする。(4)のように、最終保護膜43に相当するSiNx層を形成後、絶縁に必要な部分及び突起に相当する部分43B、40Bを残してガラス基板17の表面までエッチングする。この時、同時にソース電極41と画素電極とのコンタクトホールも形成する。この際、ソース電極41がエッチングストップになる。更に、ITO電極層を形成してパターンニングし、画素電極13を形成する。従って、突起の高さはSiNx層40と最終保護膜43の和となる。

【0169】図140は、第35実施例のパネルの変形例の構造を示す図であり、最終保護膜43に相当するSiNx層をエッチングする時に、SiNx層40の上面までエッチングする。従って、突起の高さは最終保護膜43の厚さである。図141は、第36実施例のパネルのTFT基板を製作する工程を示す図である。(1)に示すように、ガラス基板17上にゲート電極31をパターンニングする。次に、ITO電極層を形成してパターンニングし、画素電極13を形成する。(2)に示すように、SiNx層40、アモルファスシリコン（ $\alpha$ -Si）層72、SiNx層65を順に形成する。更に、SiNx層65をチャンネル保護膜の部分のみを残して $\alpha$ -Si層72までエッチングする。更に、 $n^+$  $\alpha$ -Si層73を形成する。(3)に示すように、必要な部分及び突起に相当する部分40Bを残して画素電極13の表面までエッチングする。(4)に示すように、データバスライン、ソース41、ドレイン42に相当するTi/Al/Ti層を形成し、データバスライン、ソース41、ドレイン42に相当する部分のみを残すようにパターンニングする。そして、データバスライン、ソース41、ドレイン42をマスクとして $n^+$  $\alpha$ -Si層73と $\alpha$ -Si層72をエッチングする。(5)のように、最終保護膜43に相当するSiNx層を形成後、絶縁に必要な部分及び突起に相当する部分43B、40Bを残して画素電極13の表面までエッチングする。

【0170】以上、TFT基板17側の突起20Bの製作に関する実施例について説明したが、TFT基板17の構造などに応じて各種の変形例がある。いずれにしても、TFT基板17の他の部分のプロセスと共用して突起を製作することにより、製造コストを低減できる。すでに説明したように、電極上に設けられた誘電体の突起は、斜面による配向規制の方向と突起部分での電界による配向規制の方向が一致するので、安定した配向が得られるという利点がある。しかし、突起は電極上に設けられた誘電体であり、その上に配向膜が形成されるため、

(27)

51

一対の電極間では液晶セル内が非対称構造となり、電圧の印加に伴って電荷が溜まりやすい。そのため、残留DC電圧が高くなり、いわゆる「焼き付き」と呼ばれる現象が発生するという問題があった。

【0171】図142は、電極上の誘電体の厚さと残留DC電圧の大きさの関係を示す図であり、(1)がその関係を示すグラフであり、(2)が誘電体の厚さdに相当する部分と、「焼き付き」の起きる場所を示している。垂直配向膜22も誘電体であり、図142の(2)に示すように、突起の高さと垂直配向膜22の和が誘電体の厚さdに相当する。図142の(1)に示すように、dの増加に伴って残留DC電圧が増加する。従って、図142の(2)に示す突起20の部分で焼き付きが発生しやすい。これは、図95の第18実施例のように、電極上に誘電体で窪みを形成する場合も同じである。次に説明する第37実施例では、このような問題が発生しないようにする。

【0172】図143は、第37実施例の突起構造を示す図であり、(1)は突起20の斜視図であり、(2)は断面図である。図示のように、突起20は7 $\mu$ mの幅を有し、上面の幅が5 $\mu$ m程度で、高さが1~1.5 $\mu$ m程度である。この上面に多数の微細な穴が設けられている。この微細な穴は、直径が2 $\mu$ m以下である。図144は、上記の微細な穴を有する突起(CF基板側)の作り形を示す図である。(1)のように、ITO膜の対向電極12が形成されたガラス基板を洗浄する。(2)のように、その上に感光樹脂(レジスト)を塗布し、ベークしてレジスト層351を形成する。(3)のように、突起以外の部分及び穴の部分透過するマスクパターン352を密着させて露光する。これを現像して(4)に示すような突起20が得られた。更にベークすると、突起20が収縮して、(5)に示すように側面が斜面になる。

【0173】上記のようにして突起に微細な穴を形成したものと、形成していない基板を組み立て、フリッカ消去法により残留DC電圧を測定したところ(DC:3V, AC:2.5V, 温度50 $^{\circ}$ C, DC印加時間10分)、微細な穴を形成した場合には0.09Vであり、微細な穴を形成していない場合には0.25Vであった。このように残留DC電圧が低減されるので、焼き付きが起きにくくなる。

【0174】液晶分子は突起などの斜面に垂直に配向し、電界に垂直に配向する。しかし、突起の間隔が、上記の微細な穴の程度に小さくなると微細部分の斜面に対しては配向しなくなることが分かった。従って、突起の上面の部分では両側の斜面による配向の影響を受け、それに従って配向する。図145は、第38実施例の突起構造を示す図である。第38実施例では、TFT基板側の7.5 $\mu$ m幅の突起20Bの下に、幅3 $\mu$ mの厚みの薄い溝を設けた。更に、突起20Bの下に、クロム性の

52

遮光層34を設けている。このような突起20Bは、第37実施例と同様の方法で製作できる。第38実施例の突起構造で残留DC電圧を測定した結果は、0.10Vであり、第37実施例と同程度の結果が得られた。

【0175】第38実施例の突起構造では、図示のように、電圧無印加時に溝の部分で液晶分子が基板に垂直な方向に配向せず、垂直配向性が劣化することがあるが、遮光膜34が設けられているので、この部分の配向異常による漏れ光は遮光されるので、コントラストが低下することはない。次に、レジストで作った突起の断面形状について調べた。通常、レジストはパターンニング直後には図146の(1)に示す様な断面形状をしている。しかし、本発明の方式の場合、断面形状として多少なだらかな傾斜をもった蒲鉾(シリンダ)形の断面の方がより安定した配向が得られる。ここでは、パターンニング直後の基板を200 $^{\circ}$ Cで焼成し、レジストの断面形状を図146の(2)に示すような形状に変化させた。図147は、パターンニングしたレジストを焼成する温度を変化させた時のレジストの断面形状の変化を示す図である。焼成温度を150 $^{\circ}$ C以上に上げてても断面形状のそれ以上の変化は小さかった。

【0176】レジストを200 $^{\circ}$ Cで焼成したのは、レジストの断面形状を変化させる以外に別の重要な理由がある。その理由は、試作に使用したレジストは通常の焼成処理(135 $^{\circ}$ C40分)を行っただけでは配向膜の溶剤と反応して溶けてしまう。本実施例では配向膜形成前にあらかじめ十分に高い温度でレジストを焼成しておき、配向膜と反応するのを防止した。

【0177】なお、第1実施例など、これまで説明した突起を作成する例では、レジストを200 $^{\circ}$ Cで焼成してレジストの断面形状を蒲鉾状にしており、これまで説明したデータも蒲鉾状の断面形状の突起パターンによるものである。上記の例では、焼成温度でレジストの断面形状を蒲鉾(シリンダ)形としたが、レジストの線幅によっては自然と蒲鉾形になる。図148は、レジストの線幅と断面形状の関係を示す図である。線幅が5 $\mu$ m程度では、自然と望ましい蒲鉾形になっている。これから、線幅7 $\mu$ m程度以下であれば、自然蒲鉾形の断面形状のレジストが得られるものと思われる。現状の装置では線幅5 $\mu$ mが現実的であるが露光装置の性能によりサブミクロンの線幅であっても原理的に同様の配向が得られると考えられる。

【0178】突起をJSR社製TFT平坦化剤HRC-135などのボジ型フォトリソレジストを使用して生成すると、その表面は垂直配向膜の材料との濡れ性が不十分で、塗布された垂直配向膜の材料をはじいてしまい、突起の表面に垂直配向膜が形成されないという問題が発生した。図149は、ドメイン規制手段として突起を用いた場合におけるパネルの断面図であり、突起部の様子を示す図である。図149の(1)に示すように、基板1



(28)

53

6、17の上にはカラーフィルタやバスラインなどが形成され、更にITO電極12、13が形成される。その上に突起20Aと20Bが形成され、突起20Aと20Bを含めたITO電極12、13上に垂直配向膜22の材料を塗布する。しかし、突起20Aと20Bのフォトレジストの表面は垂直配向膜の材料との濡れ性が不十分で、図8の(2)に示すように、塗布された垂直配向膜の材料をはじいてしまい、突起20Aと20Bの表面に垂直配向膜22が形成されないという問題が発生していた。第39実施例では、このような問題を解決する。

【0179】第39実施例では、垂直配向膜の材料が突起の表面に付きやすくするように突起の表面を処理する。垂直配向膜の材料が突起の表面に付きやすくする処理としては、突起の表面に微細な凹凸を形成して配向膜の材料の塗布性を向上させるか、突起の表面の垂直配向膜の材料との濡れ性を高めることが考えられる。突起の表面に微細な凹凸を形成すると、特に凹の部分に配向膜の材料液が溜まることにより、突起表面の配向膜の材料のはじきが低減される。凹凸の形成方法としては、化学的処理と物理的処理があり、化学的処理としては灰化処理が有効である。

【0180】図150は、第39実施例における突起の製作方法の一例を説明する図であり、灰化処理を使用する例である。図150の(1)に示すように、電極(この場合は画素電極13であるが、対向電極12でもよい。)13上に上記のフォトレジストを用いて突起20を形成する。例えば、突起20は、幅 $10\mu\text{m}$ 、高さ $1.5\mu\text{m}$ のストライプ状である。これをアニール処理して断面を蒲鉾状にする。この基板を公知のプラズマアッシャーで突起表面を灰化処理する。このようなプラズマアッシング処理により、図150の(2)に示すような微細な窪みが突起表面に形成される。こうして得られた基板を洗浄、乾燥させ、印刷機を用いて垂直配向材を塗布する。この時、突起上に形成された凹凸の効果により、配向材のはじきは起こらず、図150の(3)のように突起の全面に垂直配向膜が形成される。その後、通常のマルチドメインVA方式と同様のプロセスで工程を進める。こうして得られた液晶表示装置は、配向膜のはじきによる表示不良のない、良好な表示特性を有する。

【0181】灰化処理としては、他にオゾンアッシング処理があり、これもプラズマアッシング処理と同様の効果が得られた。物理的に凹凸を形成する方法としては、突起のアニール処理後、基板洗浄機を用いて、基板をブラシ洗浄する。これにより、突起上にスジ状の凹凸が形成される。物理的に凹凸を形成する方法としては、他に図151の(1)に示すように表面に繊維211を有するラビングローラ210でラビングしたり、(2)に示すように凹凸のあるローラ213を突起20が形成された基板に押しつけ、ローラ213の凹凸を転写する方法がある。

54

【0182】図152は、突起表面の垂直配向膜の材料との濡れ性を高める処理として紫外線を照射する処理を説明する図である。これまで説明したように、基板上にフォトレジストで図150と同様の突起20を形成する。この基板にエキシマUV照射装置を用いて、酸素濃度20%以上の環境で $1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ の照射量で、主波長 $172\text{nm}$ の紫外線を照射する。これにより、基板及び突起上の垂直配向膜の材料に対する濡れ性が向上する。こうして得られた基板を洗浄、乾燥させ、印刷機を用いて垂直配向材を塗布する。この時、紫外線による濡れ性改善効果により、配向材のはじきは起こらず、突起の全面に垂直配向膜が形成される。その後、通常のマルチドメインVA方式と同様のプロセスで工程を進める。こうして得られた液晶表示装置は、配向膜のはじきによる表示不良のない、良好な表示特性を有する。図153は、フォトレジストで形成した突起に照射する紫外線の条件を変化させた時の垂直配向膜の材料のはじき率の変化を示すグラフである。図153の(1)は、波長及び照射量とはじき率との関係を示すグラフである。紫外線の波長は $200\text{nm}$ 以下の時が有効であり、それ以上の波長の場合には改善効果が極めて小さい。また、紫外線の波長が $200\text{nm}$ 以下の時には、 $1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ の照射量ではじきは発生しなくなった。図153の(2)は、波長が $200\text{nm}$ 以下の紫外線を $1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ 照射する時の酸素濃度とはじき率との関係を示すグラフである。酸素濃度が低い環境では、十分な量のオゾンが発生しないため、改善効果が小さいと思われる。従って、波長が $200\text{nm}$ 以下の紫外線を酸素濃度20%以上の環境で、 $1000\text{mJ}/\text{cm}^2$ 以上照射することが望ましい。

【0183】波長が $200\text{nm}$ 以下の紫外線を発生させる装置としては、上記のエキシマUV照射装置の他に、低圧水銀ランプがあり、これを使用してもよい。また、上記の処理では、紫外線の照射後に基板洗浄及び乾燥を行ったが、基板洗浄及び乾燥後に紫外線の照射を行うようにしてもよい。この場合、配向膜印刷直前に紫外線の照射が行われるので、照射後の放置および洗浄による濡れ性の改善効果の低減を防止できる。

【0184】また、配向膜の塗布前に、シランカップリング剤、配向膜溶剤などを塗布した後配向膜を形成すれば、突起上のはじきが大幅に改善される。具体的には、基板をベーク(アニール)処理して突起の形状を図146のような蒲鉾型にする。この基板を洗浄後、スピナーを使用してヘキサメチルジシラン(HMDS)を塗布する。これに印刷機を使用して垂直配向材を塗布する。これにより、突起の表面に垂直配向膜が良好に形成された。なお、HMDSの替わりにN-メチルピロリドン(NMP)を塗布するようにしてもよい。更に、垂直配向膜の印刷を密閉されたNMP雰囲気内で行うようにしても、突起の表面に垂直配向膜を良好に形成できる。な



(29)

55

お、垂直配向膜の形成前に塗布する溶剤としては、この他にも各種あり、例えば、垂直配向膜の溶剤であるγ-ブチロラクトン、ブチルセロソルブなどが使用できる。

【0185】図154は、第39実施例における突起の製作方法の一例を説明する図であり、微粒子を分散させた材料で突起を形成する例（CF基板側の例）である。

（1）のように、粒径が0.5μm以下のアルミナの微粒子357を5～20%混入させたポジ型感光性樹脂

（レジスト）355を、電極12上に塗布する。（2）のように、これに突起部分を遮光するホトマスク356を使用して露光し、現像する。更にベークすると、

（3）のような突起20Aが得られる。この突起20Aの表面にはアルミナの微粒子357が突き出たり、アルミナの微粒子357が欠落した穴が形成されており、表面に微細な凹凸が形成される。従って、垂直配向膜を塗布する時の濡れ性が向上する。

【0186】上記の例で突起の表面の凹凸を多くするには、レジストに混入するアルミナの微粒子の割合を増加させる必要があるが、アルミナの微粒子の割合が20%を越えると、レジストの感光性が低下し、露光によってパターンニングできなくなる。図155は、突起の表面の凹凸を多くする必要がある場合の突起の製作方法を示す図である。

【0187】図155の（1）のように、粒径が0.5μm以下のアルミナの微粒子357を大きな割合で混入した非感光性樹脂を電極12上に塗布する。更に、

（2）のように、その表面にレジストを塗布して、突起部分を遮光するホトマスク358を使用して露光し、現像する。これによりホトマスク358に対応する部分にのみレジストが残るので、エッチングすると突起部分以外の非感光性樹脂が除かれる。更にベークすると、

（3）のような突起20Aが得られる。この突起20Aの表面には同様に凹凸が形成されるが、混入したアルミナの微粒子357の割合が大きいので、多数の凹凸が形成され、図154の例より垂直配向膜を塗布する場合の濡れ性が一層向上する。

【0188】図156は、微粒子により突起の表面に凹凸を形成する別の製作方法を示す図である。この例では、電極12の表面にレジスト360を塗布した後、アルミナの微粒子361を散布してレジスト360の表面に付着させ、その後プリベークする。後は、従来と同様に、突起をパターンニングすれば、（2）のような突起20Aが得られる。これを洗浄すれば、突起20Aの表面には、アルミナの微粒子361が存在したり、アルミナの微粒子361が抜け落ちた穴が存在するので、凹凸が形成される。

【0189】図157は、第39実施例における突起の製作方法の一例を説明する図であり、突起材料を発泡させて表面に凹凸を形成する例である。突起20を形成するレジストは、例えば、PGMEA（プロピレングリコ

56

ールモノメチルエーテルアセテート）などの溶剤の溶かした上でスピナーなどで塗布される。その上で60°Cでプリベーク（プリキュア）される。この状態では、レジスト中には大量の溶剤が残っている。これをマスク露光及び現像してパターンニングする。

【0190】従来は、図158で破線で示すように、クリーンオープン内で10分かけてゆっくり200°Cまで上昇させ、その状態に75分以上保持した後、10分かけてゆっくり常温に戻っていた。これに対して、この実施例では200°Cのホットプレート上に載置して10分間加熱する。この時、基板の温度が200°Cまで上昇するのに約1分を要する。その後、10分間放冷して常温に戻す。このように、急加熱すると、図157の（1）のようにレジスト内の溶剤が突沸して内部に泡362が生じる。この泡362は、図157の（2）のように、突起20の表面から外部に上記が放出される。この時に突起の表面に発泡痕363が形成され、凹凸を生じる。

【0191】なお、溶剤に溶かしたレジストを塗布前に攪拌してレジスト中に気泡を導入すると、レジストを急加熱した時により発泡しやすくなる。また、窒素ガスや炭酸ガスなどを導入しながら攪拌してもよい。これによりガスの気泡がレジスト中に導入されると共に、一部のガスは溶剤中に溶解するので、加熱時の発泡性が増す。また、レジストに120～200°C程度で脱水する結晶水やゲスト溶剤を放出する包接化合物を混合してもよい。これにより、加熱時に結晶水から水が放出されて水蒸気となったり、ゲスト溶剤が放出されるので、より発泡しやすくなる。また、レジスト中に溶剤又はガスを吸着したシリカゲルを混入してもよい。これにより、加熱時にシリカゲルから吸着している溶剤又はガスが放出されるので、より発泡しやすくなる。なお、混入する固形材料は、突起の高さや幅以下の大きさであることが必要であり、そのような大きさになるように粉碎しておく。

【0192】第37実施例では突起に微細な穴を設け、第38実施例では突起に溝を設けたが、そのような構造にすることによっても突起の表面に垂直配向膜が形成し易くなる。図159は、第38実施例のような溝を有する突起を作る別の方法を示す図である。図159の

（1）に示すように、マイクロレンズの作成に使用されるフォトリソトを使用して、突起365と366を近接して形成する。このフォトリソトは、光の照射強度、焼成（ベーク）温度、組成などによりパターンニングされた形状を変えることが可能であり、適切な焼成条件を設定することにより、突起が崩れて（2）に示すようになる。これに垂直配向膜22を塗布すれば、（3）に示すように、突起20の中央部が窪んでいるので垂直配向膜22が良好に形成される。突起365と266は、上記の材料を1.5μmの厚さに塗布した後、幅3μm、突起の間隔1μmになるようにパターンニングし

(30)

57

た。そして、 $180^{\circ}\text{C}$ で10分から30分ベークした。これにより、2つの突起が融合して図159の(2)のようになった。ベークの時間を制御することにより、所望の形状が得られた。突起365と266は、高さが $0.5\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ 、幅が $2\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m}$ で、間隔が $0.5\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ の範囲であれば2つの突起が融合するようであるが、突起の高さを $5\mu\text{m}$ 以上とすると、セル厚（液晶層の厚さ）に影響し、液晶を注入する上で妨げになる。また、突起の幅を $2\mu\text{m}$ 以下とすると、突起の配向規制力が低下してしまう。更に、突起の間隔を $5\mu\text{m}$ 以上とすると、2つの突起を融合させるのが難しく、 $0.5\mu\text{m}$ 以下にすると中央に窪みができない。

【0193】以上、第39実施例における突起の配向膜の材料に対する濡れ性の改善処理について説明したが、突起はどのようなパターンでもよく、断面形状も蒲鉾型である必要はない。更に、突起を形成する材料もフォトリソに限り、所望の形状に突起を形成できるものであればよい。ただし、後のプロセスで化学的あるいは物理的に凹凸を形成することを考慮すると、材質として柔らかく剥がれにくくアッシング可能なものが適切である。この条件に適合する材料としては、フォトリソ、ブラックマトリクス樹脂、カラーフィルタ樹脂、オーバーコート樹脂、ポリイミドなどの樹脂材料が適切である。また、このような有機材料であれば、アッシングやUV照射などにより、表面の改質（処理）が可能である。

【0194】以上説明したように、第39実施例では、突起表面の配向膜の材料に対する濡れ性が改善されるため、突起表面に配向膜が形成されないという故障を防止でき、表示品質が向上すると共に、歩留りが向上する。従来、各画素の間の部分を通過する漏れ光によるコントラストの低下を防止するため、各画素の周辺部にいわゆるブラックマトリクスを設けることが行われている。図160は、ブラックマトリクスを設けた従来例のパネル構造を示す図である。図示のように、カラーフィルタ（CF）基板16の上にはRGB画素に対応してR（レッド）フィルタ39R、G（グリーン）フィルタ39G、B（ブルー）フィルタ39Bが形成され、その上にITO電極12が形成される。更に、各RGB画素の境界部分にブラックマトリクス34が形成される。TFT基板17には、ITO電極13と共にデータバスライン、ゲートバスライン、あるいはTFT素子33が形成される。2枚の基板16と17の間には、液晶層3が設けられる。

【0195】図161は、本発明の第40実施例のパネル構造を示す図であり、図162は第40実施例の画素における突起パターンを示す図である。図示のように、Rフィルタ39R、Gフィルタ39G、及びBフィルタ39BがCF基板16上に形成されている。図161で

58

は図示していないが、図162に示すように、第1実施例の液晶パネルで設けた配向制御用の突起20AがCF基板16に形成されている。この突起20Aは遮光性の材料で作られている。各画素の周辺部には突起77が設けられており、この突起77も遮光性材料で作られており、ブラックマトリクスとして機能する。従って、従来例のように、ブラックマトリクス34を形成する必要はない。このブラックマトリクスとして機能する突起77は、突起20Aと同時に形成することが可能であり、そのような製法を使用すれば、CF基板16の作成時のブラックマトリクス作成工程を省くことができる。なお、参照番号78は、各画素のTFTの部分で、突起77はこの部分も遮光するように設けられる。

【0196】なお、図161では、CF基板側16に突起20Aと77を設けているが、突起77又は突起20Aと77の両方をTFT基板17側に設けてもよい。これにより、CF基板側16とTFT基板17の貼り合わせのズレを考慮する必要がなくなり、パネルの開口率と貼り合わせ工程の歩留りを飛躍的に向上させることができる。CF基板16側にブラックマトリクスを設けた場合、TFT基板17のITO電極13と、CF基板16の開口部（ブラックマトリクスのない部分）を全く同じに設計すると、パネル製造工程で貼り合わせズレが発生した場合に、ズレた箇所が光漏れを起こし正常な表示が得られない。通常、どんな高精度な貼り合わせ装置を使用しても、合わせ誤差は $\pm 5\mu\text{m}$ 程度存在する。そのため、その分のマージンを考慮してブラックマトリクスの開口を小さめに設計してこのような問題が生じないようにしている。すなわち、TFT基板17側のITO電極13より、 $5\sim 10\mu\text{m}$ 程度内側までブラックマトリクスが覆うようにしている。TFT基板17側に突起77を設けると、貼り合わせズレによる影響を受けないため開口率を最大限に高くすることができる。この効果は、パネルの画素が小さくなればなるほど、すなわち、解像度が上がれば上がるほど、大きくなる。例えば、本実施例では、画素のITO電極の寸法が横 $80\mu\text{m}$ 、縦 $240\mu\text{m}$ の基板を用いたが、従来方式であれば、 $5\mu\text{m}$ ずつのマージンをとるため、横 $70\mu\text{m}$ 、縦 $230\mu\text{m}$ の開口になり、画素の開口面積は $16100\mu\text{m}^2$ になる。これに対して、本実施例では、画素の開口面積は $19200\mu\text{m}^2$ であり、開口率は従来方式の約1.2倍に改善される。もし、このパネルの2倍の解像度のディスプレイとすれば、電極の寸法は横 $40\mu\text{m}$ 、縦 $120\mu\text{m}$ であり、従来方式であれば画素の開口面積は $3300\mu\text{m}^2$ になり、本実施例であれば画素の開口面積は $4800\mu\text{m}^2$ になり、約1.5倍に改善されることになる。このように、解像度が上がれば上がるほど有効である。

【0197】図163は、第41実施例のブラックマトリクス（BM）のパターンを示す図である。前述のよう

(31)

59

に、ドメイン規制手段の部分では漏れ光が生じる。上記のように、突起の頂上付近に存在する $90^\circ$ 方位角の異なる微小ドメインを利用することも考えられるが、突起の頂上付近で安定な配向が得られない時には漏れ光が生じる。そのため、コントラストなどを向上するためにはドメイン規制手段の部分で遮光することが望ましい。突起の部分で遮光するには、突起を遮光材料で形成することが考えられるが、第41実施例は、ドメイン規制手段の部分でブラックマトリクス(BM)で遮光する。

【0198】前述のように、TFT及びセル電極とバスラインとの境界部分の漏れ光を遮光するためBM34が使用されるが、第41実施例ではこのBMをドメイン規制手段の部分にも設ける。これにより、ドメイン規制手段の部分での漏れ光が遮光でき、コントラストが向上する。図164は、第41実施例のパネルの断面図である。図示のように、突起20Aと20B、TFT33、及びバスライン(ここではゲートバスライン31のみが示されている。)とセル電極13との隙間に対応してBM34が設けられている。

【0199】図165は、第42実施例の画素パターンである。従来から、表示画素をほぼ正方形とし、隣接する列の表示画素を、表示画素の配列ピッチの $1/2$ ずれて配列するデルタ配列が知られている。カラー液晶表示装置の場合には、相互に隣接する3個の画素13B、13G、13Rで1組のカラー画素群を形成する。各画素は正方形に近い形であるため、1対3の長方形の場合に比べて、突起の間隔をあまり小さくしなくても、各方位に配向分割される液晶分子の割合を等しくするのが容易になる。この場合、データバスラインは、画素の周縁に沿ってジグザグに延びるようにする。このように、基板の全面に連続した突起又は窪みの列を形成して配向分割する場合には、デルタ配列が非常に効果的である。

【0200】次に説明する第43実施例は、配向制御用の突起又は第40実施例のブラックマトリクスとして機能する突起77をスペーサとして利用する実施例である。図18にも示したように、2枚の基板間の距離(セル厚)を所定値にするため、スペーサが使用される。図166は、従来例におけるパネル構造を示す図であり、画素の境界部分にスペーサ45が配置され、セル厚を規定する。スペーサ45は、例えば、所定の直径を有する球である。

【0201】図167は第43実施例のパネル構造を示す図であり、(1)が第43実施例のパネル構造を、

(2)はその変形例を示す。図167の(1)に示すように、第43実施例のパネルでは、画素の周辺部に設けられる突起79をセル厚まで厚くし、突起79によりセル厚を規定する。なお、この図では、突起79はTFT基板17側に形成しているが、CF基板16側に形成してもよい。このように構成することにより、スペーサを設ける必要がなくなる。なお、この突起79の部分には

60

液晶が存在しないため、垂直配向型のような場合は、突起部分(セル保持部分)は印加電圧に関係なく、常に黒表示となる。従って、ブラックマトリクスは必要なく、突起79は遮光性を有する材料で形成する必要はなく、透明な材料で作っても良い。

【0202】図167の(1)に示した第43実施例では、突起79でセル厚を規定していたが、突起の形成精度でセル厚の精度が左右され、スペーサを使用した場合に比べ精度が落ちる。第16実施例の形で実際にパネルを製作した結果、セル厚のバラツキは $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 以内に制御でき、このレベルであれば現状では特に問題にならないが、厳密なセル厚の制御が必要な場合には向かない。図167の(2)に示す変形例はこのような問題を解決するための構造である。図167の(2)の変形例では、突起80を形成する樹脂の中にスペーサ45を混ぜて塗布し、それをパターニングして突起を形成する。この変形例では、スペーサが不要であるという第43実施例の利点は失われるが、突起パターンの形成精度に左右されずにセル厚を規定できるという利点がある。実際に図167の(2)の形でパネルを製作した結果、セル厚は $\pm 0.05 \mu\text{m}$ の精度にすることができた。また、スペーサを必要とすることには変わらないが、樹脂にスペーサを混入させて突起の樹脂と同時にスペーサをセル上に配置するため、あらためてパネル化工程でスペーサを散布する必要がなく、プロセスは増加しない。

【0203】図168も第43実施例の変形例を示す図であり、(1)は図167の(1)の第43実施例における突起79を、遮光性の材料で作った突起81としたもので、(2)は図167の(2)の突起80を、遮光性の材料で作った突起82としたものである。前述のように、図167の(1)と(2)において、突起79又は80を透明材料で形成してもこれらの突起はブラックマトリクスの機能を十分に果たすが、これを遮光材料で形成した方が、より完璧な遮光性が得られる。

【0204】図169も第43実施例の変形例を示す図であり、突起83をCF基板16に、突起84をTFT基板17にそれぞれ形成し、それらを接触させることでセル厚を規定している。効果については第43実施例及びその変形例と同じである。第43実施例及びその変形例では、画素の周辺部に設ける突起でセル厚を規定しているが、配向制御用の突起、例えば、図162の突起20Aでセル厚を規定することも可能である。

【0205】更に、第40実施例、第43実施例及び第43実施例の変形例では、画素の全周辺部にわたって突起を形成したが、突起を画素の周辺部の一部にのみ形成することも可能である。例えば、第40実施例、第43実施例及び第43実施例の変形例の突起77、79~84を、遮光性の材料で、各画素のTFT部分、すなわち、図162の参照番号78で示す部分にのみ形成する。前述のように、VA (Vertically Aligned) 方式の

(32)

61

ようにITO電極に電圧が加わっていない時に黒を表示するいわゆるノーマリブラックモードのパネルでは、ブラックマトリクスを省略しても漏れ光はほとんど問題にならないので、TFTの部分のみを遮光性の樹脂で覆い、画素周辺部のドレインバス、ゲートバス上には設けないようにすれば、前述の通り、遮光部が減ればそれだけ開口率が向上し、有利である。

【0206】第43実施例では、ブラックマトリクスにスペーサの機能を持たせたが、ブラックマトリクスや突起にスペーサの機能をもたせない場合には、従来と同様に、垂直配向膜を形成した一方の基板にセル厚に等しい直径を有する球状のスペーサを散布した後、他方の基板を貼り合わせることになる。しかし、電極上に突起を形成すると、散布したスペーサの一部は突起上に位置することになる。スペーサの直径を突起のない場合のセル厚に等しくすると、突起上にのるスペーサのためセル厚が所望の値より大きくなる。更に、一旦組み立てたパネルに外部から力が加わり、スペーサが突起上に移動すると、その部分のみがセル厚が大きくなり、表示むらなどの問題が生じる。次に説明する第44実施例では、突起の厚みを考慮してあらかじめスペーサの直径を減らすことにより、このような問題が生じないようにする。

【0207】図170は、第44実施例のパネル構造を示す図であり、(1)が組み立て前のTFT基板17を、(2)が組み立て前のCF基板16を、(3)が組み立てた状態を示す。図170の(1)及び(2)に示されているように、CF基板16の電極12の上には突起20Aが形成され、更に垂直配向膜22が形成されており、TFT基板17の電極13の上には突起20Bが形成され、更に垂直配向膜22が形成されている。突起20Aと20Bは、同じ高さ1 $\mu$ mで、パネル面から見た時に相互に交差することはないように組み立てられる。セル厚は4 $\mu$ mで、プラスチック製のスペーサ85の直径はセル厚から突起の高さを減じた3 $\mu$ mである。図170の(1)に示すように、TFT基板17にスペーサ85を150~300個/mm<sup>2</sup>で散布する。CF基板16に接着製樹脂によりシールを形成し、TFT基板17に貼り合わせる。(3)に示すように、スペーサ85はある確率で突起20Bの上又は20Aの下に位置する。この確率は、突起20Aと20Bの部分の面積の全体に対する割合である。(3)の状態であれば、突起20Bの上又は20Aの下に位置するスペーサと突起の厚みでセル厚が規制される。突起20Aと20B以外の部分にあるスペーサ45はセル厚に影響しない浮遊スペーサとなる。突起20Aと20Bでセル厚が規制されるため、セル厚が所望の値より大きくなることはほとんどない。また、パネルの使用中に突起の部分以外のスペーサが突起の部分に移動しても、セル厚が厚くなることはなく、突起部分にあったスペーサが突起以外の部分に移動しても浮遊スペーサになるだけである。

62

【0208】図171は、スペーサの散布密度とセル厚の関係を示す図である。スペーサの散布密度を100~500個/mm<sup>2</sup>とすれば、セル厚は4 $\mu$ m±0.5 $\mu$ mの範囲となる。次に、パネルに外部から力を加えた場合に発生するセル厚のむらとスペーサの散布密度の実験結果を図172に示す。この結果から、散布密度が150個/mm<sup>2</sup>以下では、加力に対してむらが発生しやすく、300個/mm<sup>2</sup>以上では、引っ張りに対してむらが発生しやすい。従って、散布密度は150~300個/mm<sup>2</sup>が最適である。

【0209】液晶表示パネルの製造工程で、イオン性不純物を取り込んだり、液晶中に含まれているイオン及び配向膜や突起形成材料、シール材などから溶出してくるイオンが液晶パネル中に混入してくることがある。イオンが液晶パネル中に混入すると、パネルの比抵抗が低下するためにパネルに印加される実効的な電圧が低下することになり、表示むらが発生する原因となる。また、イオンの混入は、パネルに表示の焼き付きを発生する原因ともなり、更には電圧保持率の低下にもつながる。このようにイオンがパネルに混入することにより液晶パネルの表示品質や信頼性が低下してしまう。

【0210】そのため、これまでの実施例で説明したドメイン規制手段として使用する電極上に形成された誘電体の突起にイオン吸着能力を設けることが望ましい。イオン吸着能力を持たせるには、2つの方法がある。1つは紫外線を照射することであり、他方はイオン吸着能力を有する材料を突起の材料に添加することである。紫外線を照射すると、突起形成材料の表面エネルギーが上昇するので、イオン吸着能力が高められる。表面エネルギーは、表面エネルギーの極性項 $\gamma_p$ と表面エネルギーの分散項 $\gamma_d$ の和で表される。極性項はクーロン静電力によるもので、分散項はファンデルワールス力のうちの分散力に基づくものである。紫外線を照射すると、結合エネルギーの低い部位の結合の切断が起き、切断された箇所と空気中の酸素とが結合する。それにより、表面の分極率が増大し、極性項が大きくなり、表面エネルギーが増大する。分極の度合いが増すと、イオンは表面に吸着されやすくなる。すなわち、紫外線を照射することにより、突起表面がイオン吸着能力を有するようになる。紫外線を照射する際には、突起にだけ選択的に照射することが好ましいが、基板表面の結合よりも突起形成材料の結合の方が切れやすいので、パネル全面に紫外線を照射しても突起だけがイオン吸着能力を有するようになる。紫外線を照射した後、垂直配向膜を形成する。

【0211】イオン吸着能力を有する材料としては、イオン交換樹脂、キレート剤、シランカップリング剤、シリカゲル、アルミナ、ゼオライトなどが知られている。このうち、イオン交換樹脂はイオンを交換するもので、不純物として最初から存在していたイオンを補足するが、その代わりに別のイオンを放出するため、突起形成

(33)

63

材料に添加するには適さない。キレート形成能力を有する材料の中には、代わりのイオンを放出することなしにイオンを補足する能力を有する材料が存在するので、このような材料を使用することが望ましい。このような材料としては、図173に化学式を示すようなクラウンエーテルや、図174に化学式を示すようなクリプタンドがある。更に、アルミナやゼオライトなどの無機材料もイオンを放出することなしにイオンを補足する能力を有する。従って、これらの材料を使用する。なお、1つのイオン吸着材料だけでは吸着されるイオンの種類に限りがあるので、異なるイオンを吸着する材料を組み合わせ使用するとよい。

【0212】ボジ型レジストで、幅7.5 $\mu$ m、高さが1.5 $\mu$ m、突起間の間隙が15 $\mu$ mの突起列を形成し、上記の各種のイオン吸着能力を持たせる処理を行い、製作したパネルで初期のイオン密度及び200時間使用した後のイオン密度(単位p.c.)を測定した結果を図253に示す。図253において、例Cでは1500mJの紫外線を照射し、例Dではクラウンエーテルを0.5重量パーセント添加し、例Eではゼオライトを添加し、例Fではクラウンエーテルとゼオライトを添加した。なお、参考のためにイオン吸着能力を持たせる処理を行わない場合を比較例として示す。使用時には、0.1Hzの10Vの三角波を印加し、測定時の温度は50°Cである。この結果から、イオン吸着能力処理の有無にかかわらずイオン密度の初期値はほぼ同じレベルである。しかし、200時間後のイオン密度は、処理を行わない時には大幅に増加しているが、処理を行えば増加が少ないことが分かる。

【0213】また、紫外線を照射したものと何ら処理を行わないものを実際に500時間ランニング試験したところ、処理を行わない場合には焼き付きが発生したが、紫外線を照射したものでは焼き付きは発生しなかった。第40実施例では、ブラックマトリクスでCF基板16の側の突起パターンを形成する構成を開示しているが、これについてより詳しく説明する。

【0214】前述のように、従来の工程を利用してCF基板16に突起パターンを形成できれば、新たな工程を追加しないので、突起パターンの形成のためのコスト増加を最小限に抑えられる。第45実施例は、従来の工程を利用してCF基板16に突起パターンを形成する実施例である。図175は、第45実施例のCF基板の構造を示す図である。図175の(1)に示すように、第45実施例では、CF基板16の上にカラーフィルタ樹脂(CF樹脂)39Rと39G(他に39B)を画素毎に形成する。そして、その上に、ブラックマトリクス、CF樹脂、その他平坦化樹脂などの適当な材料で、所定の位置に突起ターン50Aを形成し、その上にITO(透明電極)12を形成する。ブラックマトリクスの材料は特に限定しないが、突起を形成するためある程度の厚

64

さが必要であり、それを考慮すると樹脂を使用することが望ましい。

【0215】図175の(2)は、第45実施例のCF基板の変形例を示す図であり、CF基板16の上に、ブラックマトリクス、CF樹脂、その他平坦化樹脂などの適当な材料で、所定の位置に突起ターン50Bを形成する。その後、CF樹脂39Rと39Gを形成すれば、突起の部分はCF樹脂が重なるので厚くなりそのまま突起となる。これにITO(透明電極)12を形成する。

【0216】第45実施例の構造であれば、CF基板のいずれの位置にも突起が形成可能である。図176は、第46実施例のパネル構造を示す図である。第46実施例では、CF基板16の画素の周辺部、すなわち、CF樹脂39R、39G、39Bやブラックマトリクス34の継ぎ目の部分に突起50を形成し、TFT基板17にはこの継ぎ目の中間に突起20Bを形成する。従って、CF基板16で各画素の継ぎ目の対向する一組の辺上に連続した突起、すなわち、直線状の突起パターンを形成する場合には、TFT基板の画素の中心付近にこの突起パターンに平行する直線状の突起パターンを形成する。また、CF基板16で各画素の継ぎ目のすべての辺上に連続した突起を形成する場合は、図80と図81に示すようなパターンになるので、TFT基板17には、画素の中心付近に四角錐状の突起を形成する。

【0217】第46実施例のパネル構造であれば、その構造は色々な態様が可能である。以下、第46実施例のCF基板の構造の例を説明する。図177から図182は、第46実施例のCF基板の構造例を示す図である。図177の(1)では、CF樹脂39Rと39Gの間にブラックマトリクス(BM)34を設けるもので、BM34をCF樹脂より厚く形成し、その上にITO電極12を形成する。BM34の部分が突起となる。この場合も、BM34は樹脂などで形成することが望ましい。

【0218】図177の(2)では、CF基板12の上に金属などで薄いBM34を形成し、その上にCF樹脂39R、39Gでカラーフィルタを形成した後、更にCF樹脂39Rで突起70を形成し、更にITO電極12を形成する。図178の(1)では、CF基板12の上に金属などで薄いBM34を形成し、その上にCF樹脂39R、39Gでカラーフィルタを形成した後、BM34及びCF樹脂以外の樹脂、例えば平坦化材に使用される樹脂で突起71を形成し、更にITO電極12を形成する。この場合、図177の(1)と同様に、平坦化材をCF樹脂より厚く形成する。

【0219】図178の(2)では、CF基板12の上に突起の厚さ分のBM34を樹脂などで形成し、BM34に重なるようにCF樹脂39R、39Gでカラーフィルタを形成した後、更にITO電極12を形成する。BM34に重なるCF樹脂の部分の突起になる。図179

の(1)では、CF基板12の上に金属などで薄いBM

(34)

65

34を形成し、その上にCF樹脂39Rを形成した後、CF樹脂39Rに重なるようにCF樹脂39Gを形成し、更にITO電極12を形成する。CF樹脂が重なる部分が突起になる。突起の部分にはBM34があり、光を通過させないので、いずれのカラーフィルター樹脂が上でもよい。この構造であれば、カラーフィルタを形成する工程で突起が形成できるため、工程は増加しない。

【0220】図179の(2)では、図177の(1)で、平坦化材71とCF樹脂39R、39Gの一部が重なるように形成する。平坦化材71とCF樹脂の重なる部分が突起になる。これにより、平坦化材71を突起の高さ分まで薄くできる。以上の構造は、突起の上にITO電極を形成し、電極に突起がある構造であるが、次にITO電極の上に絶縁材料で突起を形成する例を説明する。

【0221】図180では、CF基板16にCF樹脂39R、39Gでカラーフィルタを形成した後、更にITO電極12を形成し、その上にBM34で突起を形成する。この場合も工程は増加しない。図181の(1)では、CF基板16に薄いBM34を形成した後、ITO電極12を形成し、その上にCF樹脂39R、39Gでカラーフィルタを形成する。その際、CF樹脂39R、39Gを重ねて突起とする。この場合も工程は増加しない。

【0222】図181の(2)では、CF基板16に薄いBM34を形成した後、CF樹脂39R、39Gでカラーフィルタを形成し、更にITO電極12を形成し、その上に平坦化材で突起50Eを形成する。図182の(1)では、CF基板16にITO電極12を形成した後、その上にCF樹脂39R、39Gでカラーフィルタを形成し、BM34で突起を形成する。

【0223】図182の(2)では、CF基板16に薄いBM34を形成した後、その上にCF樹脂39R、39Gでカラーフィルタを形成し、平坦化材50F表面を平坦にする。その上にITO電極12を形成し、更にBM34を形成し、突起とする。図183と図184は、第47実施例におけるカラーフィルタ(CF)基板の製造工程を説明する図である。このCF基板は、ドメイン規制手段として突起を有するものである。

【0224】図183の(1)に示すように、ガラス基板16を用意する。次に、(2)に示すように、ガラス基板16上に、ネガ型のCFのブルー用フィルタ用樹脂(B樹脂:富士ハント製CB-7001)39B'を1.3 $\mu$ m塗布する。(3)に示すように、図示のようなフォトマスク370を使用したフォトリソグラフィ法により、ブルー(B)画素部、BM部及び突起20Aの部分にB樹脂を形成する。次に、(4)に示すように、レッド用フィルタ用樹脂(R樹脂:富士ハント製CR-7001)39R'を塗布し、フォトマスク371を使用したフォトリソグラフィ法によりレッド(R)画素部、BM部及び突

66

起20Aの部分にR樹脂を形成する。更に、(5)に示すように、グリーン用フィルタ用樹脂(G樹脂:富士ハント製CG-7001)39G'を塗布し、フォトマスク372を使用したフォトリソグラフィ法によりグリーン

(G)画素部、BM部及び突起20Aの部分にG樹脂を形成する。以上の工程により、B、G、Rの各画素部には対応するカラーフィルタ(CF)樹脂が一層だけ、BM部及び突起20AにはB、G及びRの樹脂が3層重なって形成される。B、G及びRの樹脂が3層重なった部分は、ほとんど光を透過しない黒部分になる。次に、透明平坦化樹脂(日立化成製:HP-1009)をスピンコーターで約1.5 $\mu$ m塗布し、230°Cのオーブンで1時間ポストベーキングした後、ITO膜をマスクスパッタにより成膜する。次に、(6)に示すように、黒色ポジ型レジスト(東京応化製:CFPR-BKP)をスピンコーターで約1.0~1.5 $\mu$ m塗布後、プリベークし、ガラス基板16の背面からCF樹脂を通して、365nmの波長を含む紫外線を1000mJ/cm<sup>2</sup>露光する。B、G及びRの樹脂が3層重なった部分は、紫外線の透過率が他の部分にくらべて低いので、露光の閾値に達しない。そしてアルカリ現像液で現像すると、露光されなかったBM部34及び突起20Aが形成されるので、230°Cのオーブンで1時間ポストベーキングする。更に、垂直配向膜22を形成して、CF基板が完成する。

【0225】図185は、上記のようにして製作したCF基板16とTFT基板17を貼り合わせて完成した液晶パネルの断面図である。TFT基板17には、ドメイン規制手段として、画素電極13にスリット21が設けられており、その上には垂直配向膜22が形成されている。参照番号40は、ゲート保護膜やチャンネル保護膜である。なお、遮光が必要な部分には、BM34とB、G及びRの3層の樹脂が重なっており、遮光性は良好である。また、CF基板16の突起20AとTFT基板17のスリット21が液晶の配向を分割し、良好な視角特性及び高い動作速度が得られる。

【0226】以上説明したように、第47実施例では、CF基板のドメイン規制手段である突起20A及びBM34を形成する場合に、パターン露光を行う必要がなく、背面露光によりパターンニングできるため、突起20A及びBM34の形成工程が簡単になり、コストが低減され、歩留りが向上する。なお、第47実施例では、CFの形成に顔料分散法を用いているが、染色法や、ポリイミドなどに顔料を分散させている非感光性レジストをエッチングで形成する場合にも同様に適用可能である。また、第47実施例では、突起20A及びBM34の部分にCF樹脂を3層重ねたが、背面露光時の照射光の波長と照射エネルギーを適当に選択すれば、2層でも可能である。

【0227】第47実施例では、CF基板にBMと共にドメイン規制手段である突起をパターンニングなしに形

(35)

67

成したが、突起を形成せずにBMのみを形成する場合にも当然適用可能である。第48実施例は、第47実施例と同様の方法で突起は形成せずにBMを形成する実施例である。図186は、第48実施例におけるCF基板の製造工程を説明する図であり、図187は第48実施例のパネル構造を示す図である。

【0228】第48実施例は、突起に対応する部分にCF樹脂を重ねずにBMに対応する部分にのみCF樹脂を重ねてBM突起381を形成する。次に、平坦化はせずに、図186の(1)に示すように、ITO膜12を成膜し、上記の黒色ポジ型レジスト380を所定の厚さ、例えば約 $2.0\mu\text{m}$ ～ $2.5\mu\text{m}$ 塗布する。その上で背面露光して現像することにより、図186の(2)のような、BM突起381の上にBMレジスト380を重ねたパネルが得られる。BM突起381とBMレジスト380の両方でBMをなす。

【0229】このようなCF基板とTFT基板を貼り合わせて図187の(1)に示すようなパネルを製作する。図187の(2)は、(1)の点線の円部分の拡大図であり、BMレジスト380はTFT基板17に接触しており、BM突起381とBMレジスト380の両方で基板間の距離を規定している。すなわち、BM突起381とBMレジスト380がスペーサの役割を果たしている。

【0230】以上説明したように、第48実施例では、BMをパターンニングする必要がなく工程が簡単になる上、BMがスペーサの役割を果たすためスペーサを設ける必要がない。なお、第48実施例では、ポジ型レジストを使用して背面露光によりパターンニングせずにBMを形成したが、フォトリソグラフィ法でパターンニングするのであれば、ネガ型、ポジ型両方のレジストを使用してもよい。又、当然、黒色でなくてもドメイン規制手段である突起や、スペーサの働きをするので、第47実施例でも有効である。

【0231】次に、第48実施例でCF樹脂を重ねた突起381をそのままBMとして利用する例を説明する。図188は、第48実施例におけるCF基板の製造工程を説明する図であり、図189は第48実施例のパネル構造を示す図である。図188の(1)に示すように、BMの部分にCF樹脂を3層重ねて光をほとんど透過しない突起381を形成する。次に、(2)に示すように、上記の透明平坦化樹脂をスピコートで約 $1.5\mu\text{m}$ 塗布し、 $230^\circ\text{C}$ で1時間ポストバークした後、ITO膜12を形成する。更に、(3)に示すように、ポジ型レジスト(シプレイファーマーイースト社製:SC-181)を約 $1.0\sim 1.5\mu\text{m}$ 塗布し、プリバーク後フォトリソグラフィ法により突起20Aを形成する。B、G及びRのCF樹脂を3層重ねた突起381は、光をほとんど透過しないのでBMとして作用する。このようにして完成したCF基板16をTFT基板16とスペーサ4

68

5を介して貼り合わせることににより、図189のようなパネルが完成する。

【0232】第47実施例から、第49実施例では、CF樹脂を重ねてBMを形成する例を説明したが、ネガ型液晶を挟持するVA方式の液晶表示装置は、ノーマリブラックであり、電圧が印加されない非画素部はほとんど光を透過しない。そのため、非画素部を遮光するBMは、ノーマリホワイトの場合には問題になるような光透過率のものでも使用できる。すなわち、BMはある程度低い光透過率であればよいといえる。第50実施例は、このような点に着目してCF基板の製造を簡単にする実施例であり、1つのCF樹脂、具体的にはB樹脂をBMとして使用する。これでも表示品質としては問題を生じない。

【0233】図190は、第50実施例におけるCF基板の製造工程を説明する図であり、図191は第50実施例のパネル構造を示す図である。図190に示すように、ガラス基板16上に、R、G(富士ハント社製:CR-7001,CG-7001)の2色のCF樹脂を形成後、ネガ型B感光性樹脂(富士ハント社製:CB-7001)をスピコートもしくはロールコートにより塗布しプリバークする。その後、ガラス基板16の背面より、 $365\text{nm}$ の波長を含む紫外線を $300\text{mJ}/\text{cm}^2$ 露光し、アルカリ現像液(富士ハント社製:CD)で現像し、 $230^\circ\text{C}$ のオーブンで1時間ポストバークする。その後、ITO膜を成膜し、更に垂直配向膜を形成する。すなわち、R、GのCF樹脂が形成されている部分以外にはB樹脂が形成されることになる。従って、BMを形成して遮光する必要のある部分にはR、GのCF樹脂を形成しないようにしておけば、遮光する必要のある部分にはB樹脂が形成される。

【0234】図191の(1)に示すように、遮光する必要のあるバスライン31、32の部分や、TFTの部分にBMとしてB樹脂39Bが形成される。なお、図191の(2)は、(1)の点線の円部分を拡大した図であり、図示のように、矢印で示すCF側遮光部(B樹脂)382の幅を、TFT基板17のバスライン31、32の幅に2枚の基板を貼り合わせる時マージン①を加えた幅にすることにより、高開口率を得ることもできる。

【0235】第50実施例では、一般に感光波長のg、h、i線の透過率が、B樹脂>R樹脂>G樹脂であるためB樹脂を最後に形成したが、露光感度の高い(露光量の少なくてもよい)CF樹脂、感光波長透過率の高いCF樹脂を最後に形成すると既に形成した樹脂上に最終形成色の樹脂残りが発生しにくく効果的である。更に、一色目に露光装置の位置アライメントマークの識別し易い色(透過光では一般にB>R>G)樹脂を用い、画素パターンと共にアライメントマークを形成することも有効である。



(36)

69

【0236】図192は、第51実施例のCF基板の構造を示す図である。従来の液晶表示装置では、ガラス基板16の上に金属膜のBM34を形成し、その上にCF樹脂を形成し、その上に更にITO膜を形成していた。これに対して、第51実施例では、ITO膜の上にBMを形成する。第51実施例においては、これまで説明した実施例のように、ガラス基板16上にCF樹脂39をパターンニングして形成する。必要に応じ透明平坦化材を塗布してもよい。次に、透明なITO膜12を成膜し、その上の図示の部分に遮光膜383を形成する。例えば、ITO膜12をマスクを介して0.1 $\mu$ m程度スパッタし、その上に遮光膜層としてCrを0.1 $\mu$ m程度成膜する。更に、遮光膜層の上にレジストを厚さ1.5 $\mu$ m程度スピコート法などの塗布方法で均一に塗布し、遮光膜のパターンの露光、現像、エッチング、剥離を行い、遮光膜383を形成する。遮光膜383はCrで導電性であり、ITO膜12との接触面積も大きいいため、基板全体におけるITO膜12の抵抗を低くするという効果がある。なお、ITO膜12や遮光膜383の形成は、どのような方法で行ってもよい。例えば、従来方法であれば、ITO膜12の成膜後、アニールして基板洗浄を行いCr膜を成膜するが、第51実施例では、ITO膜12とCr膜の成膜を一装置内で連続して行うことが可能になり、洗浄工程が削減できるので、工程が簡略化できる。従って、成膜装置を削減でき、装置も小型にできる。

【0237】図193は、第51実施例のCF基板の変形例を示す図である。図193の(1)では、3つのCF樹脂を形成した後、CF樹脂の境界部の溝に別の樹脂384を形成した上で、ITO膜12と遮光膜383を形成している。図193の(2)では、図190で説明した第50実施例と同様に、2つのCF樹脂39Rと39Gを形成した後、B樹脂を1.5 $\mu$ m程度塗布し、背面露光し、現像して平坦な表面を形成した。その上にITO膜12と遮光膜383を形成する。これであれば、CF層の表面が平坦であるため、ITO膜の断線がなくなり、更に基板全体におけるITO膜12の抵抗を低くできる。

【0238】なお、遮光膜383の下に樹脂384又は39Bとして、反射率の低い着色樹脂を使用すれば、遮光部の反射率が低くなり、液晶表示装置の外光の反射をより低反射にすることが可能である。更に、遮光膜383の下に樹脂384又は39Bとして、透過率の低い着色樹脂を使用すれば、遮光部の透過率が低くなり、液晶表示装置を高コントラスト化することが可能である。

【0239】また、図193の(2)の構造であれば、CF樹脂34Bを形成する時にパターンニングする必要がないため、その分高価なパターンニング可能な露光装置を使用する必要がなくなり、設備投資を少なくでき、コストも低減できる。図194は、第51実施例の変形

70

例を示す図であり、遮光膜上に塗布するレジストにあらかじめ液晶層の厚さを制御するスペーサを混入することにより、レジストのパターンニング後、任意の形状に形成した遮光膜上にスペーサ45が形成される。これにより、スペーサの散布工程が不要になる。

【0240】図195は、第51実施例の変形例のCF基板を示す図である。この実施例では、第51実施例において、ITO膜12にCrを成膜し、その上にレジストを塗布した後、遮光膜383をパターンニングして露光する時に、ドメイン規制手段として働く突起の部分と一緒にパターンニングする。そして、現像及びエッチングを行った後、レジストを剥離せずそのまま残す。これにより、CF基板16にはドメイン規制手段として働く絶縁性の突起387が形成される。このようなCF基板を使用して、図196のような構造のパネルが実現される。

【0241】第47実施例などで説明したように、CF基板16では、CF層を形成した後、アクリル樹脂などの平坦化剤を塗布して表面を平坦にした後ITO膜の電極12を形成していた。しかし、工程の簡略化のためにこの工程を省略する場合がある。このような平坦化のための層を有しないものをトップコート無しのCF基板と呼んでいる。トップコート無しで電極12を形成すると、次のような問題を生じる。各CFの間の部分に窪みが生じるので、ITO膜をスパッタリングした場合、スパッタの方向に異方性があるため、各CFの平坦な部分にはITO膜が密に付くのに対して、各CFの間の窪みの部分には、ITO膜が素に付いてしまう。このため、窪みの部分に付いたITO膜には平坦な部分のITO膜より大きな隙間があいていることになる。

【0242】このため、CF基板上に垂直配向膜を塗布あるいは印刷する場合、塗布／印刷後からプリキュア（ベーク）を行うまでの間に配向膜に含まれている溶剤が、溝の部分からCF層に入り込む。入り込んだ溶剤はプリベークを行っても内部に残り、組み立てた後に出てきて配向膜表面にクレータなどを生じさせる。クレータが生じると、表示むらが発生する。第51実施例のように、各CF間の溝にクロムなどの遮光層を設ければ、これにより配向膜の溶剤のCF層への入り込みは防止できるようになる。次に説明する第52実施例では、配向膜の溶剤のCF層への入り込みを防止するために各CF間の溝に設けた樹脂を突起として利用する。

【0243】図254は、第51実施例の変形例のCF基板の製作方法を示す図である。(1)は、トップコート無しのCF基板であり、RGBの各CF層が形成され、境界部分の下には遮光膜34が形成されており、上には電極用のITO膜12が形成されている。(2)のように、ポジフォトレジスト389を塗布する。(3)のように、ガラス基板の側から紫外線を照射し、現像すると、(4)のように遮光膜34の部分に突起390が



(37)

71

形成される。突起 390 は、垂直配向膜の塗布時には溶剤の CF 層への浸入を防止する。更に、組み立てられた後は、画素の境界に設けられた CF 基板側の突起 20A として機能する。

【0244】以上、本発明の液晶表示装置のパネル構造について説明したが、このようなパネルに適した応用例を説明する。図 197 は、本発明の液晶表示装置を使用した製品の例であり、図 198 はこの製品の構成を示す図である。図 198 に示すように、液晶パネル 100 には表示面 111 があり、これまで説明したように視角特性が良好で正面からだけでなく、大きな角度傾いた方向からも表示される画像を、高いコントラストで階調反転を生じることなしに良好な品質で見ることができる。液晶パネル 100 の後ろには、光源 114 と、光源 114 からの照明光を液晶パネル 110 を一様に照明する光にするためのライトボックス 113 が設けられている。

【0245】図 197 に示すように、この製品では、表示スクリーン 110 の部分が回転可能になっており、用途に応じて横型のディスプレイとしても、縦型のディスプレイとしても使用できる。このために、45 度以上傾けたことを検出するスイッチが設けられており、このスイッチの状態を検出して横型のディスプレイとして表示を行うか、縦型のディスプレイとして表示を行うかを切り換えるようになっている。このような切り換えを行うためには、画像表示用のフレームメモリからの表示データの読出を 90 度異なる方向から行う機構等が必要であるが、このための技術は広く知られているので、ここでは説明を省略する。

【0246】本発明の液晶表示装置をこのような製品に適用した場合の利点について説明する。従来の液晶表示装置では視野角は狭いため、大きな表示画面にすると周辺部に対する視野角が大きくなり周辺部が見にくいといった問題が生じていた。しかし、本発明を適用した液晶表示装置は大きな視角でも高いコントラストの表示が階調が反転することなく見えるためこのような問題が生じない。図 197 のような製品では表示画面の長い方の周辺部に対して視野角が大きくなる。そのため、このような製品には液晶表示装置は使用できなかったが、本発明の液晶表示装置であれば視野角が大きいため、十分に適用可能である。

【0247】これまで説明した実施例では、配向を主として 4 つの 90° ずつ方位の異なる領域と主として 2 つの 90 度ずつ方位の異なる領域に分割する装置を示したが、これらを本発明に適用した場合について考察する。配向を 90° ずつ方位の異なる 4 つの領域に分割した場合には、ほぼ全方向について良好な視角特性が得られるので、配向の方向をいずれに設定しても特に問題は生じない。例えば、図 46 に示す突起パターンを画面に対して図 199 の (1) に示すように配置した場合、表示が良好に見える視角は、左右方向と上下方向共に 80° 以

72

上であるため、回転して突起パターンが図の右のようになっても特に問題は生じない。

【0248】これに対して、配向を 180° 方位の異なる 2 つの領域に分割した場合には、配向分割した方向の視角特性は改善されるが、それに 90° 異なる方向はあまり視角特性が改善されない。そのため、左右方向と上下方向にほぼ等しい視角特性が必要な場合には、図 199 の (2) に示すように、突起パターンを画面に斜めの方向に走らせることが望ましい。

10 【0249】次に、本発明の液晶表示装置の製造工程について簡単に説明する。一般に、液晶パネルの製造工程は、図 200 に示すように、基板の洗浄工程 501、ゲート電極形成工程 502、動作層連続膜形成工程 503、素子分離工程 504、保護膜形成工程 505、画素電極形成工程 506、及び組み立て工程 508 の順で行われるが、絶縁性の突起を形成するのであれば画素電極形成工程 506 の後で、突起形成工程 507 を設ける。

20 【0250】図 201 に示すように、突起形成工程は、レジスト塗布工程 511 と、塗布したレジストを焼成するプリベーク工程 512 と、突起の部分を残すように露光する突起パターン露光工程 513 と、突起以外の部分を除去する現像工程 514 と、残った突起を焼成するポストベーク工程 215 で構成される。第 1 実施例で説明したように、この後の工程で行われる配向膜形成工程でレジストが配向膜と反応する可能性が有り、ポストベーク工程 515 では、それを考慮して、ある程度高温で焼成を行う事が望ましい。その場合、突起の断面が蒲鉾状に傾斜すれば配向の安定性も増す。

30 【0251】ドメイン規制手段として窪みを形成する場合にもほぼ同じ工程で行われるが、電極にスリットを形成する場合には、図 200 の画素電極形成工程 506 で、画素電極にスリットを設けるようなパターンを形成すればよいので、突起形成工程 507 は必要なくなる。図 201 に示したのは、突起パターンを感光性レジストで形成する場合の例であるが、突起パターンを印刷で形成することもできる。図 202 は、凸版印刷で突起パターンを形成する方法を示す図である。図 202 に示すように、突起パターンを APR 樹脂製のフレキシブルな凸版 604 に形成し、これを版胴と呼ばれる大きなロール 603 の表面に固定する。版胴はアニックスロール 605、ドクタロール 606 及び印刷ステージ 602 と連動して回転する。突起形成用ポリイミド樹脂溶液がディスペンサ 607 でアニックスロール 605 上に滴下されると、ドクタロール 606 により引き伸ばされてアニックスロール 605 上に均一に展開され、展開された樹脂溶液は凸版 604 に転写され、凸版 604 の凸部に転写された溶液が印刷ステージ 602 上の基板 609 に転写される。この後、焼成などの処理を行う。他にも微小なパターンを印刷で形成する方法が各種実用化されており、それらを使用して突起パターンを形成できれば、低コス

(38)

73

トで突起パターンを形成できる。

【0252】次に、上下基板を貼り合わせた後の、液晶パネルへの液晶の注入処理を説明する。図18で説明したように、液晶パネルの組み立て工程で、CF基板とTFT基板を貼り合わせた後、液晶を注入するが、VA型TFT方式のLCDはセル厚が狭く、液晶注入の時間が長くなるが、突起を設けるため液晶注入の時間が長く、液晶注入の時間をできるだけ短くすることが望まれている。

【0253】図203は、液晶インジェクション注入装置の構成を示す図である。この装置の詳しい説明は省略するが、液晶パネル100の液晶注入口に注入コネクタ615を接続し、液晶脱泡加圧タンク614から液晶を供給する。それと同時に、液晶の排気口に排気コネクタ618を接続し、排気用の真空ポンプ620で液晶パネル100内を減圧して液晶が注入され易くする。排気口から排出される液晶は、液晶トラップ619で気体と分離される。

【0254】第1実施例では、図18に示すように、突起20は直線状で、パネル100の長辺に平行な方向に走っていた。そのため、液晶の注入口102は、突起20に垂直なパネルの短辺に設け、排気口103は注入口102が設けられるのと反対側の短辺に設けた。同様に、図204の(1)及び(2)に示すように、突起20が直線状で、パネル100の短辺に平行な方向に走っている場合には、液晶の注入口102は、突起20に垂直なパネルの長辺に設け、排気口103は注入口102が設けられるのと反対側の長辺に設けることが望ましい。また、図205に示すように、突起20がジグザグである場合も、液晶の注入口102は、突起20の延びる方向に垂直なパネルの辺に設け、図206に示すように、排気口103は注入口102が設けられるのと反対側の辺に設けることが望ましい。

【0255】ここで、液晶の注入時に気泡が混入することがあり、気泡が混入すると表示不良を起こす。ネガ型の液晶と垂直配向膜を使用した場合には、電圧無印加時に黒表示になるが、液晶に気泡が混入してもその部分は黒表示になるため、そのままでは気泡の混入を発見できない。そのため、電極に電圧を印加して白表示にし、黒表示の部分がなくて、気泡が混入していないことを確認していた。しかし、液晶の注入口付近には電極がないためこの部分に気泡が混入していても発見することができなかった。この部分に気泡があると、いずれ拡散して表示品質を低下させる恐れがあるため、注入口付近の気泡も発見する必要がある。そこで、本発明の液晶表示装置では、図207に示すように、表示領域121とブラックマトリクス34の外側の注入口101付近にも電極120を設け、この部分でも気泡の混入を検出できるようにしている。

【0256】これまで説明したように、突起及び窪み、

74

スリットなどのドメイン規制手段を用いるVA方式の液晶表示装置は、ラビング処理を行う必要がないので、生産工程における汚染が大幅に低減される。従って、洗浄工程の一部を省略できるという利点がある。しかし、使用するネガ型(n型)液晶は、通常使用されるポジ型に比べて有機物に対する耐汚染性が弱く、特にポリウレタン系樹脂や皮膚に対しては弱く、表示不良を引き起こすという問題が生じている。表示不良は、汚染された液晶の比抵抗が低下することが原因と思われる。

10 【0257】そこで、まずどのような大きさのポリウレタン系樹脂や皮膚であれば表示不良になるかを調べた。図208は、VA方式の液晶パネルである。2枚の基板16と17に垂直配向膜を形成した後、一方の基板に大きさが10 $\mu$ m程度のポリウレタン系樹脂をいくつかのせ、一方にスペーサ45、他方にシール材101を形成して貼り合わせ、液晶を注入してパネルを製作した。その結果、ポリウレタン系樹脂700は、熱及びセル厚(セルギャップ)形成により、面積を広げ15 $\mu$ m角に広がり、ポリウレタン系樹脂700を中心として0.5

20 ～2mmの範囲で液晶汚染による表示不良が認められた。

【0258】ポリウレタン系樹脂700の大きさを変化させて、液晶の汚染領域の大きさを調べた結果を図209に示す。パネル上で0.3mm角以内の表示以上であれば問題ないとすれば、ポリウレタン系樹脂の大きさは5 $\mu$ m角以下にする必要がある。これは皮膚についても同じであった。上記のように、ポリウレタン系樹脂や皮膚は液晶の比抵抗を低下させ、それが原因で表示不良が発生する。ポリウレタン系樹脂の混入量と比抵抗の低下

30 の関係を調べた。図210は、ゲートがオンの状態を想定して、図211に示す液晶画素の等価回路の周波数依存性の計算結果を示す図である。グラフは、液晶画素の等価回路において、抵抗が9.1 $\times 10^9$ 、9.1 $\times 10^{10}$ 、9.1 $\times 10^{11}$ 、9.1 $\times 10^{12}\Omega$ の場合の周波数に対する実効電圧の変化を示す。これから、液晶の抵抗値の低下が実効電圧の低下を生じることが分かる。実際の表示に関係する1～60Hzの周波数範囲では、3桁以上の比抵抗の低下で表示の異常が発生することが分かる。

40 【0259】図211と図212は、液晶画素が電荷を保持している状態を想定して、抵抗が9.1 $\times 10^{10}$ 、9.1 $\times 10^{11}$ 、9.1 $\times 10^{12}\Omega$ の場合に、一旦蓄積した電荷をどれだけの時間で放電するかを示す図である。なお、参考として、配向膜だけが存在する場合の例を示す。配向膜は抵抗が大きく、時定数が大きいため、放電現象にはほとんど寄与しない。図212は、図211の0.2ms以下の部分を拡大して示す。これから、液晶抵抗が2桁以上低いと、60Hzで黒しみが現れ始めることが分かる。

50 【0260】以上のことから、ポリウレタン系樹脂や皮

(39)

75

膚により抵抗が2〜3桁低下すると問題になることが分かる。次に、フェニルウレタンを液晶に入れた後、超音波を10秒かけ、その後放置して上澄み液の比抵抗を測定した。この結果から、ポリウレタン系樹脂の混入量がモル比で1/1000程度で比抵抗が桁程度低下することが分かった。

【0261】以上のことから、ポリウレタン系樹脂や皮膚の混入量をモル比で1/1000以下にすれば、表示面は問題を生じないレベルであることが分かった。ポリウレタン系樹脂や皮膚の混入量を上記のようなレベル以下にするには、液晶パネルを製造するクリーンルーム内のポリウレタン系樹脂や皮膚の浮遊レベルを上記のレベルに対応したクリーン度にする必要がある。更に、組み立て工程の前に純水で基板表面を洗浄する工程を設ける。

【0262】以上、ドメイン規制手段で液晶の配向を分割するVA方式の液晶表示パネルの実施例について説明した。すでに説明したように、視角特性を向上させる方法として、位相差フィルムを使用することが知られている。次に、図55に示したような1画素内で液晶の配向方向を等しい割合で4分割するVA方式の液晶表示パネルに適した位相差フィルムの特性と配置の実施例を説明する。

【0263】図213は、VA方式の液晶パネルの基本構成を示す図である。図213に示すように、2枚の基板の上に形成した電極12と13の間に液晶を挟持することにより、液晶パネルが実現され、両側には吸収軸が互いに直交する2枚の偏光板11と15を配置する。ここで使用される液晶パネルは、垂直配向膜を形成し、負の誘電率異方性を有する液晶を使用し、図示のように上基板12と下基板13のラビングの方向を180°異ならせ、偏光板11と15の吸収軸に対して45°をなすようにしたVA方式の液晶表示パネルである。この装置において、パネルを斜め80°までのあらゆる方位から見た時の等コントラスト曲線を図214に、8階調駆動時に階調反転を生じる視角領域を図215に示す。これらの結果から0°、90°、180°、270°の方位におけるコントラストが低く、かなり広い視角範囲において階調反転が生じることが分かる。

【0264】図216に示すように、図55に示すような突起パターンが形成された2枚の液晶基板91と92で構成される液晶パネルを使用した液晶表示装置における等コントラスト曲線を図217に、8階調駆動時に階調反転を生じる視角領域を図218に示す。これでは、従来のVA方式に比べて、階調反転については改善されているがまだ不十分であり、コントラストについてはあまり改善していないといえる。

【0265】本出願人は、特願平8-41926号、それを優先権の基礎とする特願平9-29455号及び特願平8-259872号で、ラビングにより配向分割さ

76

れるVA方式の液晶表示装置において、位相差フィルムを設けることにより視角特性が改善させることを開示している。しかし、突起、窪み、画素電極のスリットで配向分割する場合については、何ら言及していない。

【0266】以下、突起、窪み、電極に設けたスリットにより各画素内で配向分割するようにしたVA方式の液晶表示装置における視角特性を、位相差フィルムを設けることにより更に改善する場合の条件を説明する。まず、本発明において使用する位相差フィルムについて、図219を参照して説明する。図219に示すように、フィルム面内方向の屈折率を $n_x$ 、 $n_y$ 、厚さ方向の屈折率を $n_z$ とした時、本発明において使用する位相差フィルムでは、 $n_x, n_y \geq n_z$ （但し、 $n_x = n_y = n_z$ は除く）の関係が成り立つ。

【0267】ここで、 $n_x > n_y = n_z$ の関係が成り立つ位相差フィルムを、本明細書ではフィルム面内に光学的に正の一軸性を有する位相差フィルムといい、以降、このフィルムを単に正の一軸性フィルムと呼ぶ。屈折率 $n_x$ 、 $n_y$ のうち大きい方の方向を遅相軸と呼ぶ。この場合には $n_x > n_y$ であるからx方向を遅相軸と呼ぶ。位相差フィルムの厚さをdとすると、この正の一軸性フィルムを通過することにより、面内方向に $R_s = (n_x - n_y) d$ のリタデーションを生じる。以降、正の一軸性フィルムのリタデーションといった場合には、面内方向（正面）のリタデーションを指すものとする。

【0268】また、 $n_x = n_y > n_z$ の関係が成り立つ位相差フィルムを、本明細書ではフィルム面の法線方向に光学的に負の一軸性を有する位相差フィルムといい、以降、このフィルムを単に負の一軸性フィルムと呼ぶ。位相差フィルムの厚さをdとすると、この負の一軸性フィルムを通過することにより、厚さ方向に $R_d = ((n_x + n_y) / 2 - n_z) d$ のリタデーションを生じる。以降、負の一軸性フィルムのリタデーションといった場合には、厚さ方向のリタデーションを指すものとする。

【0269】更に、 $n_x > n_y > n_z$ の関係が成り立つ位相差フィルムを、本明細書では2軸性を有する位相差フィルムといい、以降、このフィルムを単に2軸性フィルムと呼ぶ。この場合には、 $n_x > n_y$ であるからx方向を遅相軸と呼ぶ。位相差フィルムの厚さをdとすると、フィルム面内方向のリタデーションは $(n_x - n_y) d$ （但し、 $n_x > n_y$ の時）、フィルムの厚さ方向のリタデーションは $((n_x + n_y) / 2 - n_z) d$ である。

【0270】図220は、本発明の第52実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。基板91と92の一方のCF基板の液晶に面する側には、カラーフィルタや共通電極（ベタ電極）が形成され、他方のTFT基板の液晶に面する側には、TFT素子やバスラインや画素電極が形成されている。基板91と92の液晶に面する側には、垂直配向材料を転写印刷により塗布し、180°C

(40)

77

で焼成することにより垂直配向膜が形成されている。垂直配向膜の上に、ポジ型感光製保護材料をスピコートにより塗布し、プリベーク、露光、ポストベークにより、図55に示した突起パターンが形成されている。

【0271】基板91と92とは、直径3.5μmのスペーサを介して貼り合わされ、負の誘電率異性を有する液晶材料を封入し、液晶パネルとしている。図220に示すように、第52実施例の液晶表示装置は、第1の偏光板11と、第1の正の一軸性フィルム94と、液晶パネルを構成する2枚の基板91と92と、第2の正の一軸性フィルム94と、第2の偏光板15とがこの順番に配置されている。なお、第1の正の一軸性フィルム94の遅相軸は第1の偏光板11の吸収軸と直交し、第2の正の一軸性フィルム94の遅相軸は第2の偏光板15の吸収軸と直交するように配置されている。

【0272】第52実施例において、第1及び第2の正の一軸性フィルム94のリタデーション $R_0$ と $R_1$ をそれぞれ110nmとした場合の、等コントラスト曲線を図221に、8階調駆動時に階調反転が生じる視角領域を図222に示す。図217及び図218と比較して明らかに、高いコントラストが得られる範囲が大幅に広がり、階調反転は全範囲で生じなくなり、視角特性が大幅に改善された。

【0273】ここで、図220の構成で、第1及び第2の正の一軸性フィルム94のリタデーション $R_0$ と $R_1$ をさまざまに変化させて視角特性を調べた。調べる方法は、 $R_0$ と $R_1$ を変化させ、パネルの右上(45°方位)、左上(135°方位)、左下(225°方位)、右下(315°)において、コントラストが1.0になる角度を求め、 $R_0$ と $R_1$ の座標上でその角度が同一値になる $R_0$ と $R_1$ の点を線で結んだ等高線グラフを図223に示す。なお、パネルの右上、左上、左下、右下の等高線グラフは同一であった。これは、図55に示す突起パターンを使用したため、配向分割による4つの領域が等しいためであると思われる。

【0274】図217において、45°、135°、225°、315°の方位で、コントラストが1.0になる角度は39°であり、図223において、コントラストが1.0になる角度が39°以上となる $R_0$ と $R_1$ の組合せでは、位相差フィルムを使用した効果があるといえる。図223において、コントラストが1.0になる角度が39°以上となるのは、 $R_0$ と $R_1$ で以下の条件が満たされる時である。

【0275】 $R_1 \leq 450 \text{ nm} - R_0$ 、 $R_0 - 250 \text{ nm} \leq R_1 \leq R_0 + 250 \text{ nm}$ 、 $0 \leq R_0$  及び  $0 \leq R_1$   
また、液晶セルのリタデーション $\Delta n \cdot d$ を実用的な範囲で変化させ、更にツイスト角を0°～90°の範囲で変化させ、同様に $R_0$ と $R_1$ の最適条件を求めた結果、上記の条件と変わらないことが確認された。

【0276】図224は、本発明の第53実施例の液晶

78

表示装置の構成を示す図である。第52実施例と異なるのは、2枚の第1と第2の正の一軸性フィルム94が第1の偏光板11と液晶パネルの間に配置され、2枚の正の一軸性フィルム94は遅相軸が互いに直交し、第1の偏光板11に隣接する第2の正の一軸性フィルムの遅相軸は第1の偏光板11の吸収軸に直交するように配置されている点である。

【0277】第53実施例において、第1及び第2の正の一軸性フィルム94の位相差 $R_0$ と $R_1$ をそれぞれ110nmと270nmとした場合の、等コントラスト曲線を図225に、8階調駆動時に階調反転が生じる視角領域を図226に示す。図217及び図218と比較して明らかに、高いコントラストが得られる範囲が大幅に広がり、階調反転の生じる範囲も大幅に縮小され、視角特性が大幅に改善された。

【0278】第52実施例と同様に、図224の構成で、第1及び第2の正の一軸性フィルム94のリタデーション $R_0$ と $R_1$ をさまざまに変化させて視角特性を調べた結果を図227に示す。図227で示された特性は、図223と同じであり、コントラストが1.0になる角度を $R_0$ と $R_1$ の座標上で等高線グラフとしたものである。これから、コントラストが1.0になる角度が39°以上となるのは、 $R_0$ と $R_1$ で以下の条件が満たされる時である。

【0279】 $2R_0 - 170 \text{ nm} \leq R_1 \leq 2R_0 + 280 \text{ nm}$ 、 $R_1 \leq -R_0 / 2 + 800 \text{ nm}$ 、 $0 \leq R_0$  及び  $0 \leq R_1$

また、第53実施例でも液晶セルのリタデーション $\Delta n \cdot d$ を実用的な範囲で変化させ、更にツイスト角を0°～90°の範囲で変化させても、上記の条件と変わらないことを確認した。

【0280】図228は、本発明の第54実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。第52実施例と異なるのは、液晶パネルと第1の偏光板11の間に第1の負の一軸性フィルム95を、液晶パネルと第2の偏光板15の間に第2の負の一軸性フィルム95を配置する点である。

【0281】第54実施例において、第52実施例と同様に、図228の構成で、第1及び第2の負の一軸性フィルム95の厚さ方向のリタデーション $R_0$ と $R_1$ をさまざまに変化させて視角特性を調べた結果を図229に示す。図229で示された特性は、図223と同じであり、コントラストが1.0になる角度を $R_0$ と $R_1$ の座標上で等高線グラフとしたものである。これから、コントラストが1.0になる角度が39°以上となるのは、 $R_0$ と $R_1$ で以下の条件が満たされる時である。

【0282】 $R_0 + R_1 \leq 500 \text{ nm}$

ここで、第54実施例でも、液晶セルのリタデーション $\Delta n \cdot d$ を実用的な範囲で変化させ、 $\Delta n \cdot d$ と最適条件の上限との関係を調べた。その結果を図230に示

(41)

79

す。これより、液晶セルの  $\Delta n \cdot d$  を  $R_{LC}$  とすると、各位相差フィルムのリタレーションの和の最適条件は、

1.  $7 \times R_{LC} + 50 \text{ nm}$  以下である。

【0283】また、この条件はコントラストに関する特性であるが、同様に階調反転についても最適条件を検討した。コントラストの場合と同様に、図228の構成で、第1及び第2の負の一軸性フィルム95の厚さ方向のリタレーション  $R_0$  と  $R_1$  をさまざまに変化させて、階調反転を生じる角度を求め、 $R_0$  と  $R_1$  の座標上で等高線グラフとしたのが図231である。図218で階調反転を生じる角度は  $5^\circ$  である。図231において階調反転が生じる角度が  $5^\circ$  以上となる  $R_0$  と  $R_1$  の条件では、階調反転に関して位相差フィルムの効果があるといえる。図231において、階調反転が生じる角度が  $5^\circ$  以上となるのは、 $R_0$  と  $R_1$  について次の条件が満たされる時である。

【0284】 $R_0 + R_1 \leq 345 \text{ nm}$

次に、液晶セルのリタレーション  $\Delta n \cdot d$  を実用的な範囲で変化させ、 $\Delta n \cdot d$  と最適条件の上限との関係を調べた。その結果を図232に示す。これより、最適条件の上限は、液晶セルの  $\Delta n \cdot d$  によらずにほぼ一定であり、各位相差フィルムのリタレーションの和の最適条件は  $350 \text{ nm}$  以下である。

【0285】コントラストが1.0となる角度は  $50^\circ$  以上であることが望ましく、階調反転や実用的な液晶セルの  $\Delta n \cdot d$  についても考慮すると、各位相差フィルムのリタレーションの和は、 $30 \text{ nm}$  以上  $270 \text{ nm}$  以下であることが望ましい。また、ツイスト角を、 $0^\circ$  から  $90^\circ$  の範囲で変化させて同様に調べた結果、最適条件に変わりがないことが分かった。

【0286】第55実施例は、図228の第54実施例の液晶表示装置の構成において、第1及び第2の負の一軸性フィルム95の一方を除いたものである。第55実施例において、1枚の負の一軸性フィルム95のリタレーションを  $200 \text{ nm}$  とした場合の、等コントラスト曲線を図233に、8階調駆動時に階調反転が生じる視角領域を図234に示す。図217及び図218と比較して明らかなように、高いコントラストが得られる範囲が大幅に広がり、階調反転の生じる範囲も大幅に縮小され、視角特性が大幅に改善された。また、コントラストが1.0になる最適条件及び階調反転についての最適条件を検討したが、第54実施例の負の一軸性フィルムのリタレーションの和に相当するリタレーションを有する1枚の負の一軸性フィルムを使用すればよいことが分かった。

【0287】第56実施例から第58実施例は、正の一軸性フィルムと負の一軸性フィルムを組み合わせる使用の実施例であり、配置の方法を各種の変形例があるが、第56実施例から第58実施例に示す構成が効果があることが分かった。図235は、本発明の第56実施

80

例の液晶表示装置の構成を示す図である。第52実施例と異なるのは、液晶パネルと第1の偏光板11の間に配置される第1の正の一軸性フィルム94の代わりに負の一軸性フィルム95を使用する点である。

【0288】第56実施例において、正の一軸性フィルム94のフィルム面内方向のリタレーション  $R_0$  を  $150 \text{ nm}$ 、負の一軸性フィルム95の厚さ方向のリタレーション  $R_1$  を  $150 \text{ nm}$  とした場合の、等コントラスト曲線を図236に、8階調駆動時に階調反転が生じる視角領域を図237に示す。図217及び図218と比較して明らかなように、高いコントラストが得られる範囲が大幅に広がり、階調反転の生じる範囲も大幅に縮小され、視角特性が大幅に改善された。

【0289】第56実施例でも、コントラストについて最適条件を検討した。コントラストに関する最適条件を図238に示す。図238に示された内容は、図223と同じである。図239は、本発明の第57実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。第52実施例と異なるのは、液晶パネルと第1の偏光板11の間に、正の一軸性フィルム94を配置し、この正の一軸性フィルム94と第1の偏光板11の間に負の一軸性フィルム95を配置した点である。正の一軸性フィルム94の遅相軸は第1の偏光板11の吸収軸に直交するように配置される。

【0290】第57実施例において、正の一軸性フィルム94のフィルム面内方向のリタレーション  $R_0$  を  $50 \text{ nm}$ 、負の一軸性フィルム95の厚さ方向のリタレーション  $R_1$  を  $200 \text{ nm}$  とした場合の、等コントラスト曲線を図240に、8階調駆動時に階調反転が生じる視角領域を図241に示す。図217及び図218と比較して明らかなように、高いコントラストが得られる範囲が大幅に広がり、階調反転の生じる範囲も大幅に縮小され、視角特性が大幅に改善された。

【0291】第57実施例でも、コントラストについて最適条件を検討した。コントラストに関する最適条件を図242に示す。図242に示された内容は、図223と同じである。図243は、本発明の第58実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。第52実施例と異なるのは、液晶パネルと第1の偏光板11の間に、負の一軸性フィルム95を配置し、この負の一軸性フィルム95と第1の偏光板11の間に正の一軸性フィルム94を配置した点である。正の一軸性フィルム94の遅相軸は第1の偏光板11の吸収軸に直交するように配置される。

【0292】第58実施例において、正の一軸性フィルム94のフィルム面内方向のリタレーション  $R_1$  を  $150 \text{ nm}$ 、負の一軸性フィルム95の厚さ方向のリタレーション  $R_0$  を  $150 \text{ nm}$  とした場合の、等コントラスト曲線を図244に、8階調駆動時に階調反転が生じる視角領域を図245に示す。図217及び図218と比較

(42)

81

して明らかなように、高いコントラストが得られる範囲が大幅に広がり、階調反転の生じる範囲も大幅に縮小され、視角特性が大幅に改善された。

【0293】第58実施例でも、コントラストについて最適条件を検討した。コントラストに関する最適条件を図246に示す。図246に示された内容は、図223と同じである。図247は、本発明の第59実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。第52実施例と異なるのは、液晶パネルと第1の偏光板11の間に、面内方向の屈折率を $n_x$ 、 $n_y$ 、厚さ方向の屈折率を $n_z$ とした時に、 $n_x$ 、 $n_y \geq n_z$ の関係を有する位相差フィルム96を配置し、液晶パネルと第2の偏光板15の間の正の1軸性フィルム94が除かれている点である。位相差フィルム96のx軸は第1の偏光板11の吸収軸に直交するように配置される。

【0294】第59実施例において、位相差フィルム96のx軸を遅相軸、すなわち $n_x > n_y$ とし、フィルム面内方向のリタデーション $R_{xz}$ を55nm、厚さ方向のリタデーション $R_{yz}$ を190nmとした場合の、等コントラスト曲線を図248に、8階調駆動時に階調反転が生じる視角領域を図249に示す。図217及び図218と比較して明らかなように、高いコントラストが得られる範囲が大幅に広がり、階調反転の生じる範囲も大幅に縮小され、視角特性が大幅に改善された。

【0295】ここで、 $R_{xz} = (n_x - n_z) d$ 、 $R_{yz} = (n_y - n_z) d$ と定義する。第59実施例でもコントラストについて $R_{xz}$ と $R_{yz}$ をさまざまに変化させて最適条件を検討した。コントラストに関する最適条件を図250に示す。図250に示された内容は、 $R_0$ と $R_1$ がそれぞれ $R_{xz}$ と $R_{yz}$ に対応する以外が同じである。これらの結果から、コントラストが1.0になる角度が $39^\circ$ 以上となるのは、 $R_{xz}$ と $R_{yz}$ について以下の条件が満たされる時である。

【0296】 $R_{xz} - 250 \text{ nm} \leq R_{yz} \leq R_{xz} + 150 \text{ nm}$ 、 $R_{yz} \leq -R_{xz} + 1000 \text{ nm}$ 、 $0 \leq R_{yz}$ 、 $0 \leq R_{xz}$  位相差フィルム96の面内方向のリタデーションを $R_0$ 、厚さ方向のリタデーションを $R_1$ とすると、

$R_0 = (n_x - n_y) d = R_{xz} - R_{yz} \quad \cdots (n_x \geq n_y \text{ のとき})$

$R_0 = (n_y - n_x) d = R_{yz} - R_{xz} \quad \cdots (n_y \geq n_x \text{ のとき})$

$R_1 = ((n_x + n_y) / 2 - n_z) d = (R_{xz} + R_{yz}) / 2$

の関係が成り立つため、 $R_{xz}$ 、 $R_{yz}$ に関する最適条件は以下のように書き換えられる。

【0297】 $R_0 \leq 250 \text{ nm}$ 、 $R_1 \leq 500 \text{ nm}$  すなわち、面内方向のリタデーションが250nm以下、厚さ方向のリタデーションが500nm以下で、2軸性位相差フィルムの遅相軸が隣接する偏光板の吸収軸と直交するように配置することが望ましい。液晶セルの

82

リタデーション $\Delta n \cdot d$ を実用的な範囲で変化させ、 $\Delta n \cdot d$ と最適条件の上限との関係を調べた結果、面内方向のリタデーションの最適条件は、液晶セルの $\Delta n \cdot d$ によらずに常に250nm以下であることが分かった。一方、厚さ方向の位相差の最適条件は液晶セルの $\Delta n \cdot d$ に依存する。液晶セルの $\Delta n \cdot d$ と厚さ方向のリタデーションの最適範囲の上限との関係を調べた結果を図251に示す。これより、厚さ方向のリタデーションの最適条件は、液晶セルの $\Delta n \cdot d$ を $R_{LC}$ とすると、 $1.7 \times R_{LC} + 50 \text{ nm}$ 以下である。

【0298】なお、図247の構成で、液晶パネルの一方の側又は両側の第1の偏光板11又は第2の偏光板15との間の少なくとも一方に位相差フィルム96を複数枚配置した構成について同様に最適条件を調べた。その結果、各位相差フィルム96の面内方向のリタデーションがそれぞれ250nm以下で、且つ各位相差フィルム96の厚さ方向のリタデーションの和が $1.7 \times R_{LC} + 50 \text{ nm}$ 以下である場合が最適条件であることが分かった。

【0299】また、ツイスト角を $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲で変化させて同様に最適条件を調べたが、それぞれの最適条件は変わらなかった。フィルム96としては、正の一軸性フィルム( $n_x > n_y = n_z$ )、負の一軸性フィルム( $n_x = n_y > n_z$ )、二軸性フィルム( $n_x > n_y > n_z$ )が考えられ、そのいずれかを単独あるいはそれぞれを組み合わせて用いる場合が可能である。

【0300】以上、液晶パネルを構成する2枚の基板の液晶に面する側に突起列を設けて画素内で配向分割する場合の最適な位相差フィルムの条件について説明したが、窪みや画素電極のスリットで配向分割する場合も同様の条件で視角特性を改善できる。また、本明細書における偏光板は理想的な偏光板として記述してある。従って、実際の偏光板の構成で用いられている、偏光子を保護するフィルム(TACフィルム)が有するリタデーション(厚さ方向の位相差が通常約50nm)は本発明の位相差フィルムが有するリタデーションと合成して扱うべきことは自明である。

【0301】すなわち、TACフィルムに本発明での条件を具備させることによって、見かけ上は位相差フィルムの配設をなくすこともありうるが、この場合にはTACフィルムが本発明の追加すべき位相差フィルムと同等に作用することは言うまでもない。以上、本発明の実施例について説明したが、本発明には他にも各種の変形が可能であり、特に突起パターンや形状などは、適用する液晶表示装置に応じて各種の変形例があり得る。

【0302】以上、本発明をTFT型液晶表示装置に適用した実施例を説明したが、本発明はこれ以外の液晶表示装置にも適用可能である。例えば、TFTでなく、反射型として使用されるMOS-FET方式のLCDや、能動素子としてMIM素子などのダイオードを使用した

(43)

83

方式にも適用可能であり、TFT方式でもアモルファスシリコンを使用するものとポリシリコンを使用する両方に適用可能である。また、透過型のLCDだけでなく、反射型やプラズマドレッシングのLCDにも適用可能である。

### 【0303】

【発明の効果】従来のTN型LCDは視角範囲が狭く、視角特性を改良したIPS型LCDは応答速度が十分でなく動画表示には使用できないなどの問題点があったが、本発明を適用すればこれらの問題を解決し、IPS型LCDの視角特性を有すると共にTN型LCDを凌ぐ応答速度のLCDが実現できる。しかも、それぞれの基板に突起又は窪みを設けるだけで実現できるため、製造面でも容易に実現できる。しかも、従来のTN型やIPS型で必要であったラビング工程と、ラビング後洗浄工程が不要になる。これらの工程は配向不良を生じる原因となっていたので、歩留りや製品の信頼性を高めるという効果もある。

【0304】更に、説明したような条件で位相差フィルムを使用することにより、視角特性を大幅に改善することができる。特に、最適な条件では、広い視野角で高いコントラストになり、階調反転も生じなくなる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】TN型LCDのパネル構造と動作原理を説明する図である。

【図2】TN型LCDの視野角による画像の変化を説明する図である。

【図3】IPS型LCDを説明する図である。

【図4】IPS型LCDを例とした観察における座標計の定義を示す図である。

【図5】IPS型LCDにおける階調反転領域を示す図である。

【図6】IPS型LCDにおける階調の変化と階調反転を示す図である。

【図7】VA(Vertically aligned)方式とその問題点を説明する図である。

【図8】ラビング処理の説明図である。

【図9】本発明の原理を説明する図である。

【図10】突起による配向の生成を説明する図である。

【図11】突起の形状例を示す図である。

【図12】本発明の液晶配向を実現する方式を示す図である。

【図13】第1実施例の液晶パネルの全体構成を示す図である。

【図14】第1実施例のパネル構造を示す図である。

【図15】第1実施例の突起パターンを示す図である。

【図16】第1実施例における周辺部の突起パターンを示す図である。

【図17】第1実施例におけるパネル断面図である。

【図18】第1実施例のパネルの液晶注入口の配置を示

84

す図である。

【図19】第1実施例の突起形状の実測値を示す図である。

【図20】第1実施例での応答速度を示す図である。

【図21】第1実施例での応答速度を示す図である。

【図22】第1実施例での視角特性を示す図である。

【図23】第1実施例での視角特性を示す図である。

【図24】第1実施例での視角特性を示す図である。

【図25】第1実施例で位相差フィルムを使用した場合の視角特性を示す図である。

【図26】第1実施例で位相差フィルムを使用した場合の視角特性を示す図である。

【図27】突起部分での漏れ光の発生を説明する図である。

【図28】第1実施例で突起の高さを変化させた時の透過率の変化を示す図である。

【図29】第1実施例で突起の高さを変化させた時のコントラストの変化を示す図である。

【図30】第1実施例での突起の高さと白状態の透過率の関係を示す図である。

【図31】第1実施例での突起の高さと黒状態の透過率の関係を示す図である。

【図32】第1実施例での突起の高さとコントラスト比の関係を示す図である。

【図33】第2実施例の突起パターンを示す図である。

【図34】第3実施例の突起パターンを示す図である。

【図35】第3実施例の突起パターンの他の例を示す図である。

【図36】突起上での液晶分子の配向を示す図である。

【図37】第4実施例の突起形状を示す図である。

【図38】第5実施例のパネル構造を示す図である。

【図39】第5実施例の画素電極パターンを示す図である。

【図40】スリット接続部における配向分布の例を示す図である。

【図41】第5実施例での突起とスリット部におけるドメインの発生を示す図である。

【図42】第6実施例での突起と電極のスリットの形状を示す図である。

【図43】第6実施例での突起とスリット部におけるドメインの発生を示す図である。

【図44】第6実施例の液晶表示装置における画素部の平面図を示す図である。

【図45】第6実施例の画素電極パターンを示す図である。

【図46】第6実施例の画素部の断面図である。

【図47】第6実施例での視角特性を示す図である。

【図48】第6実施例での視角特性を示す図である。

【図49】第6実施例の画素電極パターンの変形例を示す図である。



(44)

85

【図50】本発明の第7実施例の画素電極パターンと構造を示す図である。

【図51】本発明の第8実施例の液晶表示装置における画素部の平面図を示す図である。

【図52】第8実施例の画素部の断面図である。

【図53】第8実施例におけるTFT基板の製作方法を説明する図である。

【図54】第8実施例におけるTFT基板の製作方法を説明する図である。

【図55】本発明の第9実施例の突起パターンを示す図である。

【図56】第9実施例の画素部の平面図である。

【図57】第9実施例の突起パターンの変形例を示す図である。

【図58】電極エッジでの斜め電界の影響を示す図である。

【図59】ジグザグに屈曲させた突起を用いる場合の問題を示す図である。

【図60】ジグザグに屈曲させた突起を用いる場合における電極エッジ部の配向を示す図である。

【図61】ジグザグに屈曲させた突起を用いる場合において応答速度の低下する部分を示す図である。

【図62】ジグザグに屈曲させた突起を用いる場合において応答速度の低下する部分をの断面である。

【図63】本発明の第10実施例の基本構成を示す図である。

【図64】第10実施例における突起列パターンを示す図である。

【図65】第10実施例における特徴部分の詳細図である。

【図66】紫外線の照射による配向方向の変化を説明する図である。

【図67】第10実施例の変形例を示す図である。

【図68】望ましいエッジと突起の関係を示す図である。

【図69】望ましいエッジと窪みの関係を示す図である。

【図70】直線状の突起の望ましい配列を示す図である。

【図71】本発明の第11実施例における突起パターンを示す図である。

【図72】画素毎に不連続の突起を設けた例を示す図である。

【図73】本発明の第12実施例における突起パターンを示す図である。

【図74】第12実施例の変形例を示す図である。

【図75】第12実施例の変形例を示す図である。

【図76】本発明の第13実施例における突起パターンを示す図である。

【図77】第3実施例の断面図である。

86

【図78】補助容量の作用と電極構造を示す図である。

【図79】本発明の第14実施例の突起パターンとCS電極を示す図である。

【図80】第14実施例の変形例を示す図である。

【図81】第14実施例の変形例を示す図である。

【図82】第14実施例の変形例を示す図である。

【図83】本発明の第15実施例の突起パターンを示す図である。

【図84】第15実施例における液晶の配向変化を説明する図である。

【図85】第15実施例での視角特性を示す図である。

【図86】第15実施例での中間調の応答速度及び比較のためのTN方式の中間調応答速度を示す図である。

【図87】他のVA方式の中間調の応答速度を示す図である。

【図88】第15実施例の突起パターンの変形例を示す図である。

【図89】第15実施例の突起パターンの変形例を示す図である。

【図90】第15実施例の突起パターンの変形例を示す図である。

【図91】第15実施例の突起パターンの変形例を示す図である。

【図92】本発明の第16実施例の突起構造を示す図である。

【図93】第16実施例の突起パターンを示す図である。

【図94】本発明の第17実施例のパネル構造を示す図である。

【図95】本発明の第18実施例のパネル構造を示す図である。

【図96】本発明の第19実施例のパネル構造を示す図である。

【図97】本発明の第20実施例のパネル構造を示す図である。

【図98】第20実施例の変形例のパネル構造を示す図である。

【図99】第20実施例の変形例のパネル構造を示す図である。

【図100】第20実施例の変形例のパネル構造を示す図である。

【図101】本発明の第21実施例のパネル構造を示す図である。

【図102】突起を有するパネル断面図と組み立てによる配向分割への影響を示す図である。

【図103】本発明の第22実施例のパネル構造を示す図である。

【図104】本発明の第23実施例のパネル構造を示す図である。

【図105】本発明の第24実施例のパネル構造を示す

(45)

87

図である。

【図106】第24実施例の構造を応用した突起パターンを示す図である。

【図107】本発明の第25実施例のパネル構造を示す図である。

【図108】突起間隙と応答速度の関係を測定するパネルの構造を示す図である。

【図109】突起間隙と応答速度の関係を示す図である。

【図110】突起間隙と透過率の関係を示す図である。

【図111】第25実施例の動作原理の説明図である。

【図112】本発明の第26実施例のパネル構造を示す図である。

【図113】第26実施例のパネルの視角特性を示す図である。

【図114】通常の突起パターンを示す図である。

【図115】液晶の光学異方性の波長分散を示す図である。

【図116】本発明の第27実施例の突起パターンを示す図である。

【図117】印加電圧と透過率の関係の突起間隙による差を示す図である。

【図118】本発明の第28実施例の突起パターンを示す図である。

【図119】本発明の第29実施例の突起パターンを示す図である。

【図120】第29実施例の画素構造を示す図である。

【図121】本発明の第30実施例の突起形状を示す図である。

【図122】突起の高さを変化させた時の透過率の変化を示す図である。

【図123】突起の高さを変化させた時のコントラストの変化を示す図である。

【図124】突起の高さと白状態の透過率の関係を示す図である。

【図125】突起の高さと黒状態の透過率の関係を示す図である。

【図126】第30実施例の変形例を示す図である。

【図127】本発明の第31実施例の突起形状を示す図である。

【図128】VA方式の液晶パネルのツイスト角と液晶層の厚さの関係を示す図である。

【図129】VA方式の液晶パネルの白表示の相対輝度と液晶のリタデーション $\Delta n d$ の関係を示す図である。

【図130】VA方式の液晶パネルの角波長透過率と液晶のリタデーション $\Delta n d$ の関係を示す図である。

【図131】配向分割VA方式の液晶パネルの間隙と応答速度の関係を示す図である。

【図132】配向分割VA方式の液晶パネルの間隙と開口率の関係を示す図である。

88

【図133】本発明の第32実施例のパネル構造を示す図である。

【図134】第32実施例の変形例のパネル構造を示す図である。

【図135】本発明の第33実施例のTFT基板の構造を示す図である。

【図136】第33実施例の突起パターンを示す図である。

【図137】本発明の第34実施例のパネル構造を示す図である。

【図138】第34実施例の突起パターンを示す図である。

【図139】本発明の第35実施例のTFT基板の製作方法を示す図である。

【図140】第35実施例の変形例のTFT基板の構造を示す図である。

【図141】本発明の第36実施例のTFT基板の製作方法を示す図である。

【図142】電極上の誘電体による問題を説明する図である。

【図143】本発明の第37実施例の突起構造を示す図である。

【図144】第37実施例の突起の製作方法を示す図である。

【図145】本発明の第38実施例の突起構造を示す図である。

【図146】焼成による突起形状の変化を示す図である。

【図147】焼成温度によるレジストの断面形状の変化を示す図である。

【図148】線幅とレジストの断面形状の関係を示す図である。

【図149】突起部の様子と配向膜の塗布における問題を示す図である。

【図150】本発明の第39実施例の突起製作方法の一例と製作された突起を示す図である。

【図151】第39実施例の突起製作方法の他の例を示す図である。

【図152】第39実施例の突起製作方法の他の例を示す図である。

【図153】レジストの紫外線露光による改質を示すグラフである。

【図154】第39実施例の突起製作方法の他の例を示す図である。

【図155】第39実施例の突起製作方法の他の例を示す図である。

【図156】第39実施例の突起製作方法の他の例を示す図である。

【図157】第39実施例の突起製作方法の他の例を示す図である。

(46)

89

【図158】図157の方法の温度変化条件を示す図である。

【図159】第39実施例の突起製作方法の他の例を示す図である。

【図160】ブラックマトリクスを有する従来例のパネル構造を示す図である。

【図161】本発明の第40実施例のパネル構造を示す図である。

【図162】第40実施例の突起パターンを示す図である。

【図163】本発明の第41実施例の遮光パターン（ブラックマトリクス）を示す図である。

【図164】第41実施例の断面図である。

【図165】本発明の第42実施例の画素と突起パターンを示す図である。

【図166】スペーサを設けた従来のパネル構造を示す図である。

【図167】本発明の第43実施例とその変形例のパネル構造を示す図である。

【図168】第43実施例の変形例のパネル構造を示す図である。

【図169】第43実施例の変形例のパネル構造を示す図である。

【図170】本発明の第44実施例の液晶パネルの製作方法を示す図である。

【図171】第44実施例におけるスペーサの散布密度とセルギャップの関係を示す図である。

【図172】第44実施例の液晶パネルにおけるスペーサの散布密度と力を加えた時のむらの発生の関係を示す図である。

【図173】突起にイオン吸着能力を持たせるための添加材料の化学式を示す図である。

【図174】突起にイオン吸着能力を持たせるための添加材料の化学式を示す図である。

【図175】本発明の第45実施例のCF基板の構造を示す図である。

【図176】本発明の第46実施例のパネル構造を示す図である。

【図177】第46実施例の変形例のCF基板の構造を示す図である。

【図178】第46実施例の変形例のCF基板の他の構造例を示す図である。

【図179】第46実施例の変形例のCF基板の他の構造例を示す図である。

【図180】第46実施例の変形例のCF基板の他の構造例を示す図である。

【図181】第46実施例の変形例のCF基板の他の構造例を示す図である。

【図182】第46実施例の変形例のCF基板の他の構造例を示す図である。

90

【図183】本発明の第47実施例のCF基板の突起・BM形成方法を示す図である。

【図184】第47実施例のCF基板の突起・BM形成方法を示す図である。

【図185】第47実施例のパネル構造を示す図である。

【図186】本発明の第48実施例のCF基板のBM製作方法を示す図である。

【図187】第48実施例のパネル構造を示す図である。

【図188】本発明の第49実施例のCF基板の製作方法を示す図である。

【図189】第49実施例のパネル構造を示す図である。

【図190】本発明の第50実施例のCF基板の製作方法を示す図である。

【図191】第50実施例のパネル構造を示す図である。

【図192】本発明の第51実施例のCF基板の構造を示す図である。

【図193】第51実施例の変形例を示す図である。

【図194】第51実施例の変形例を示す図である。

【図195】第51実施例の変形例を示す図である。

【図196】第51実施例の変形例を示す図である。

【図197】本発明の液晶パネルを応用した表示装置を示す図である。

【図198】本発明の液晶パネルの応用例における表示装置の構成を示す図である。

【図199】本発明の液晶パネルの応用例における突起パターンの回転を示す図である。

【図200】本発明の液晶パネルの製造工程を示すフローチャートである。

【図201】本発明の液晶パネルの突起形成工程を示すフローチャートである。

【図202】印刷により突起を形成するための装置の構成を示す図である。

【図203】液晶注入装置の構成を示す図である。

【図204】本発明の液晶パネルでの突起に対する注入口の配置例を示す図である。

【図205】本発明の液晶パネルでの突起に対する注入口の配置例を示す図である。

【図206】本発明の液晶パネルでの突起に対する注入口の配置例を示す図である。

【図207】本発明の液晶パネルでの注入口付近の電極構造を示す図である。

【図208】本発明の液晶パネルでポリウレタン系樹脂が混入した場合の表示異常の発生を示す図である。

【図209】ポリウレタン系樹脂の大きさと液晶汚染領域の大きさの関係を示す図である。

【図210】比抵抗の差による周波数に対する実効電圧

(47)

91

の低下を示すシミュレーション結果を示す図である。

【図211】比抵抗の差による電荷の放電時間のシミュレーション結果を示す図である。

【図212】比抵抗の差による電荷の放電時間のシミュレーション結果を示す図である。

【図213】VA方式の液晶表示装置の構成を示す図である。

【図214】VA方式の液晶表示装置におけるコントラストの視角特性を示す図である。

【図215】VA方式の液晶表示装置において階調反転が生じる視角領域を示す図である。

【図216】ドメイン規制手段を有する新しいVA方式パネルを使用した表示装置の構成を示す図である。

【図217】新しいVA方式の液晶表示装置におけるコントラストの視角特性を示す図である。

【図218】新しいVA方式の液晶表示装置における階調反転の視角特性を示す図である。

【図219】位相差フィルムの特性を説明する図である。

【図220】本発明の第52実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。

【図221】第52実施例の液晶表示装置におけるコントラストの視角特性を示す図である。

【図222】第52実施例の液晶表示装置における階調反転の視角特性を示す図である。

【図223】第52実施例の液晶表示装置における斜めから見たコントラストが所定値になる角度の位相差量に対する変化を示す図である。

【図224】本発明の第53実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。

【図225】第53実施例の液晶表示装置におけるコントラストの視角特性を示す図である。

【図226】第53実施例の液晶表示装置における階調反転の視角特性を示す図である。

【図227】第53実施例の液晶表示装置における斜めから見たコントラストが所定値になる角度の位相差量に対する変化を示す図である。

【図228】本発明の第54実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。

【図229】第54実施例の液晶表示装置における斜めから見たコントラストが所定値になる角度の位相差量に対する変化を示す図である。

【図230】第54実施例の液晶表示装置におけるコントラストに関する最適条件の液晶のリタデーション量に対する変化を示す図である。

【図231】第54実施例の液晶表示装置において階調反転を生じない限界角の位相差量に対する変化を示す図である。

【図232】第54実施例の液晶表示装置における階調反転に関する最適条件の液晶のリタデーション量に対す

92

る変化を示す図である。

【図233】本発明の第55実施例の液晶表示装置におけるコントラストの視角特性を示す図である。

【図234】第55実施例の液晶表示装置における階調反転の視角特性を示す図である。

【図235】本発明の第56実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。

【図236】第56実施例の液晶表示装置におけるコントラストの視角特性を示す図である。

10 【図237】第56実施例の液晶表示装置における階調反転の視角特性を示す図である。

【図238】第56実施例の液晶表示装置におけるコントラストに関する最適条件の液晶のリタデーション量に対する変化を示す図である。

【図239】本発明の第57実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。

【図240】第57実施例の液晶表示装置におけるコントラストの視角特性を示す図である。

20 【図241】第57実施例の液晶表示装置における階調反転の視角特性を示す図である。

【図242】第57実施例の液晶表示装置におけるコントラストに関する最適条件の液晶のリタデーション量に対する変化を示す図である。

【図243】本発明の第58実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。

【図244】第58実施例の液晶表示装置におけるコントラストの視角特性を示す図である。

【図245】第58実施例の液晶表示装置における階調反転の視角特性を示す図である。

30 【図246】第58実施例の液晶表示装置におけるコントラストに関する最適条件の液晶のリタデーション量に対する変化を示す図である。

【図247】本発明の第59実施例の液晶表示装置の構成を示す図である。

【図248】第59実施例の液晶表示装置におけるコントラストの視角特性を示す図である。

【図249】第59実施例の液晶表示装置における階調反転の視角特性を示す図である。

40 【図250】第59実施例の液晶表示装置におけるコントラストに関する最適条件の液晶のリタデーション量に対する変化を示す図である。

【図251】第59実施例の液晶表示装置におけるコントラストに関する最適条件の液晶のリタデーション量に対する変化を示す図である。

【図252】本発明の第32実施例の液晶パネルの特性の測定結果を示す図である。

【図253】突起にイオン吸着能力を持たせる処理を行った時のイオン密度の変化を示す図である。

50 【図254】本発明の第51実施例の変形例の液晶パネルの製作方法を示す図である。

(48)

93

【図255】第2実施例の変形例の突起パターンと断面構造を示す図である。

【図256】第2実施例の変形例の突起パターンを示す図である。

【図257】第16実施例の変形例の突起パターンと断面構造を示す図である。

【図258】第10実施例の変形例における補助突起の配置を示す図である。

【符号の説明】

9…画素

11、15…偏光板

12…CF側電極

13…画素電極

14…液晶分子

16、17…ガラス基板

18、19…電極

20、20A、20B…ドメイン規制手段（突起）

21…ドメイン規制手段（スリット）

22…垂直配向膜

23…ドメイン規制手段（窪み）

31…ゲートバス

32…アドレスバス

33…TFT

10 34…遮光膜

35…CS電極

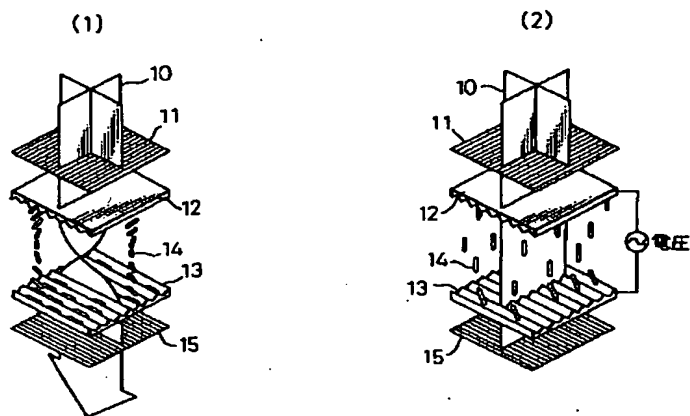
41…ソース

42…ドレイン

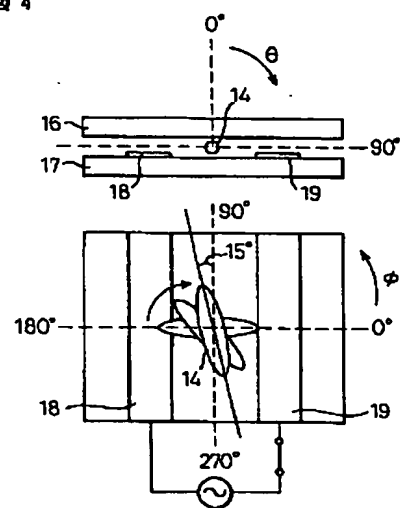
45…スペーサ

94

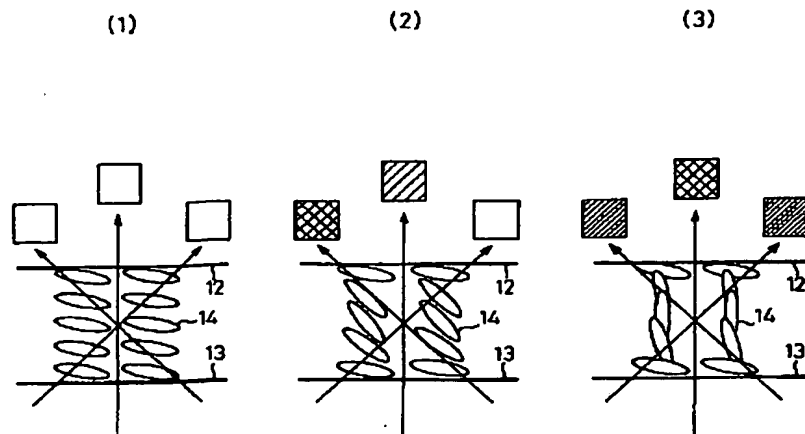
【図1】



【図4】



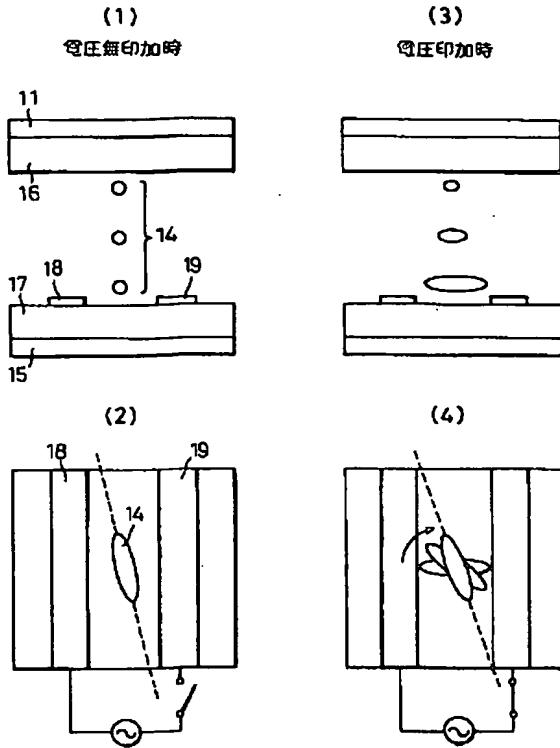
【図2】



(49)

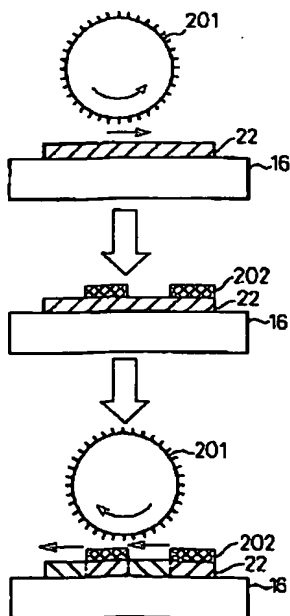
【図3】

図3



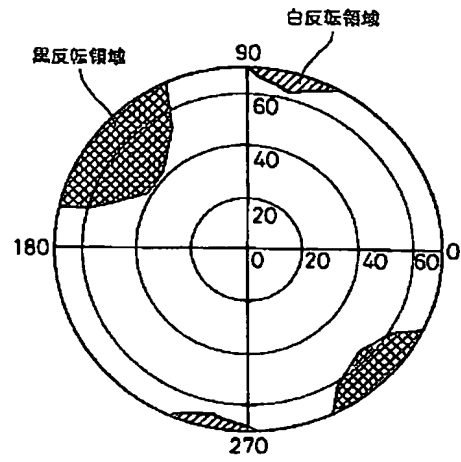
【図8】

図8



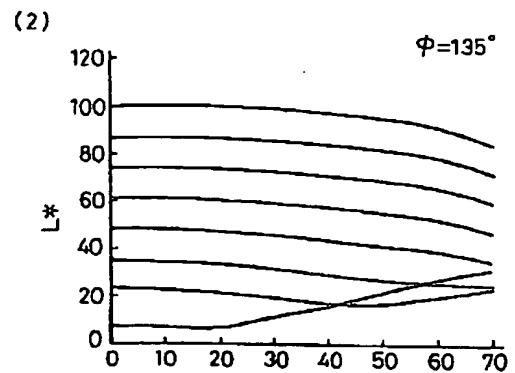
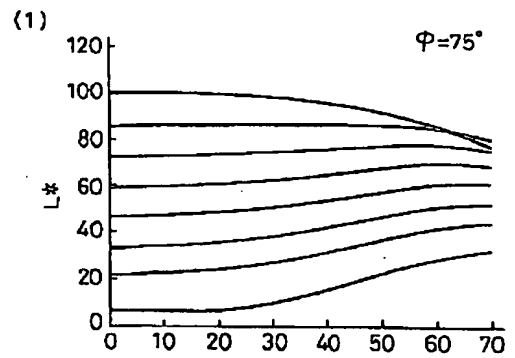
【図5】

図5



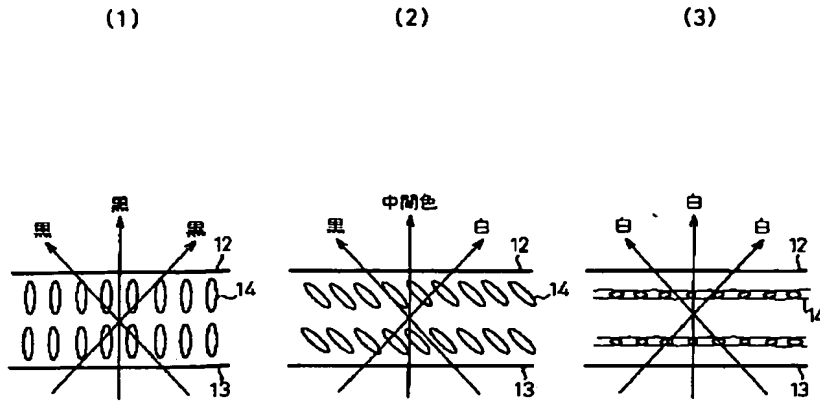
【図6】

図6

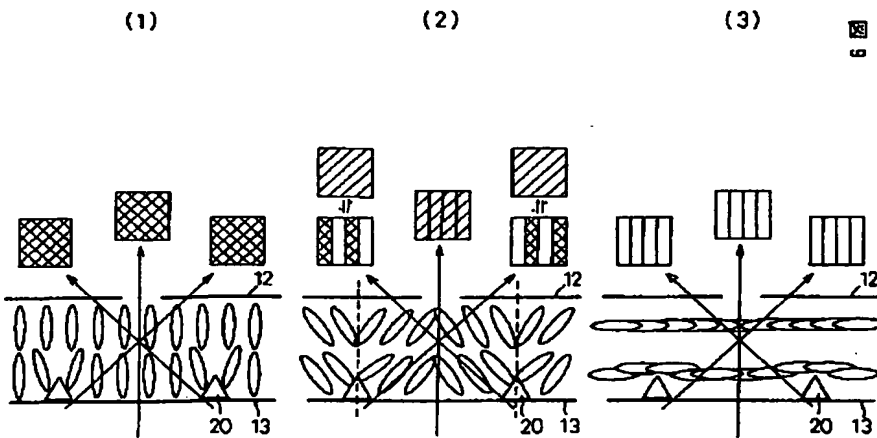


(50)

【図 7】

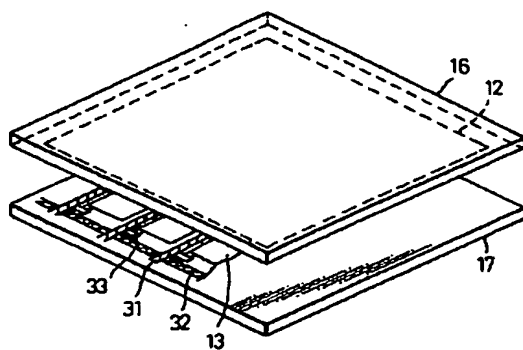


【図 9】



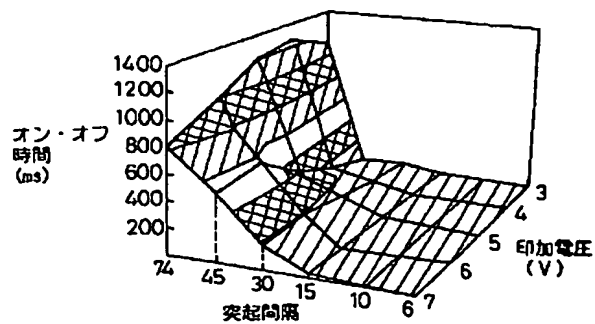
【図 13】

図 13



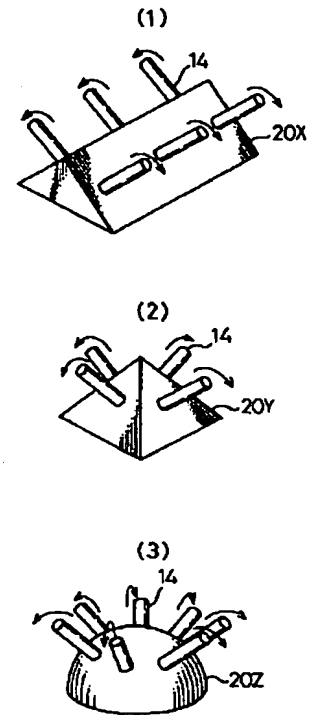
【図 21】

図 21



【図 11】

図 11

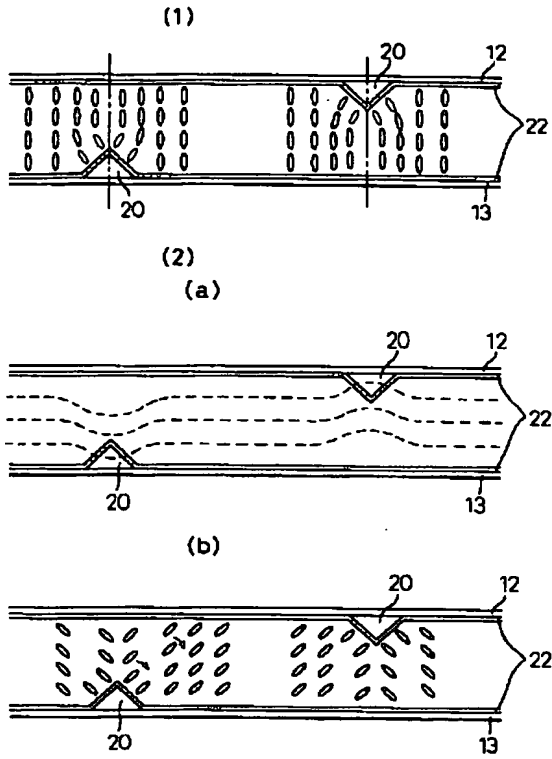




(51)

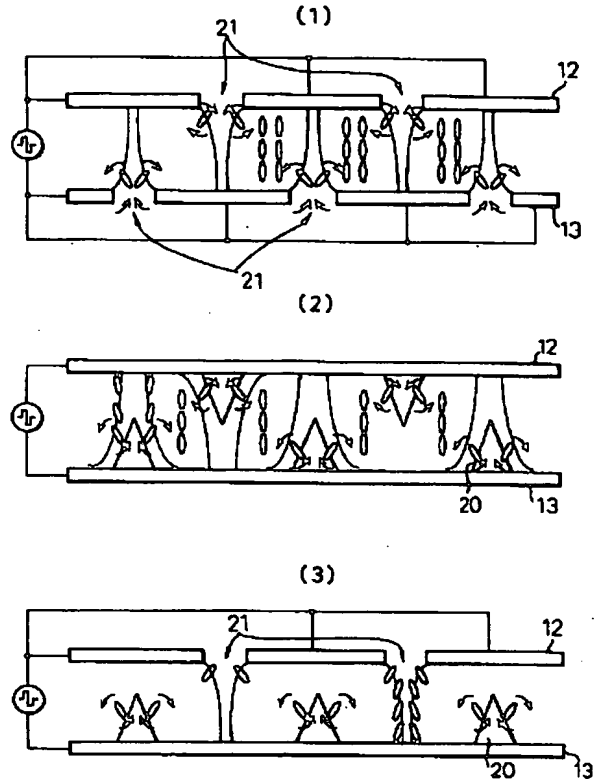
【図10】

図10



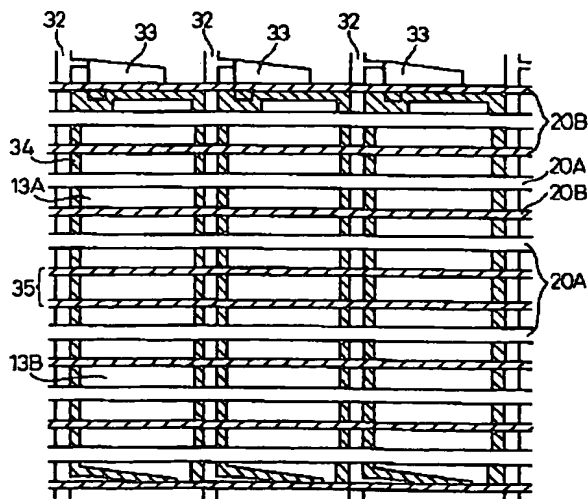
【図12】

図12



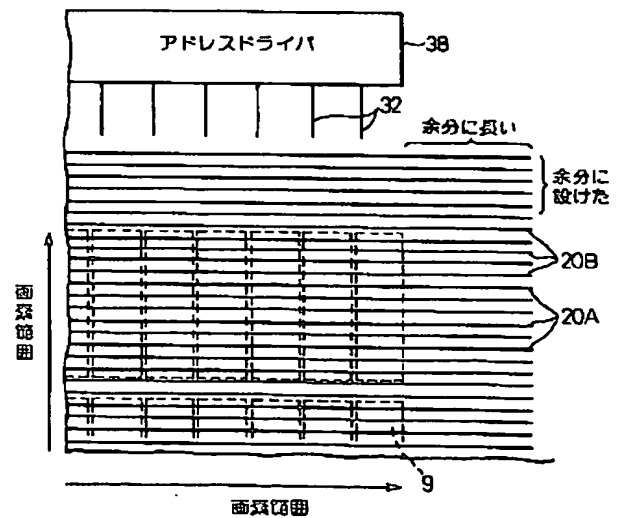
【図15】

図15



【図16】

図16

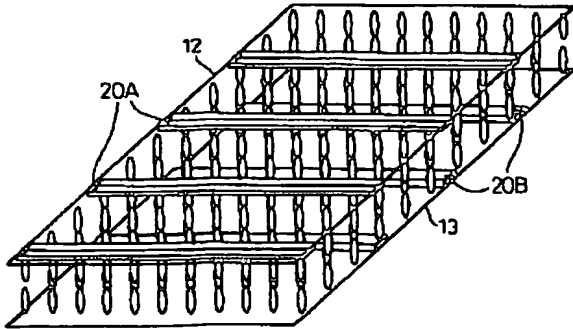


(52)

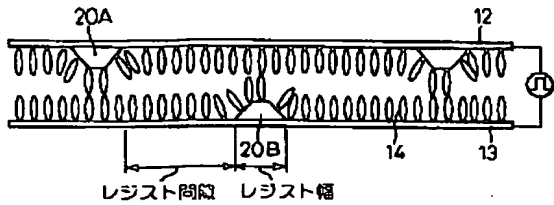
【図14】

図14

(1)



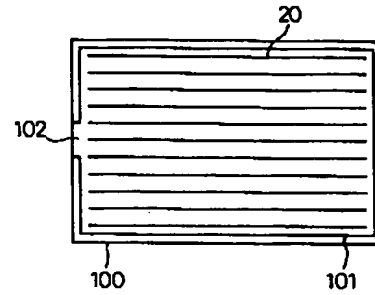
(2)



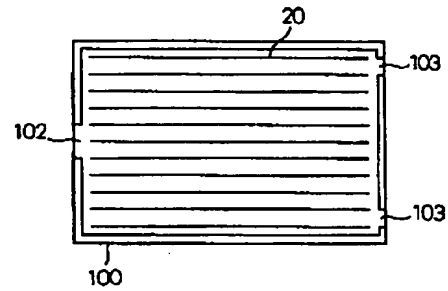
【図18】

図18

(1)

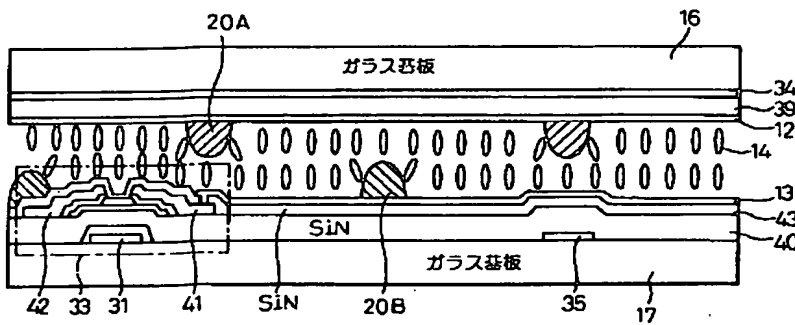


(2)



【図17】

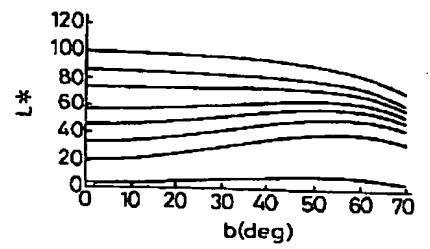
図17



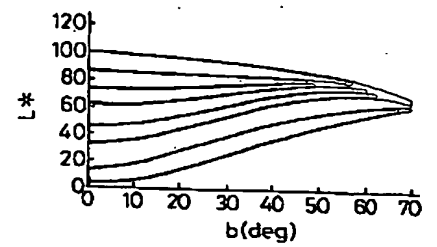
【図24】

図24

(1)  
-45°

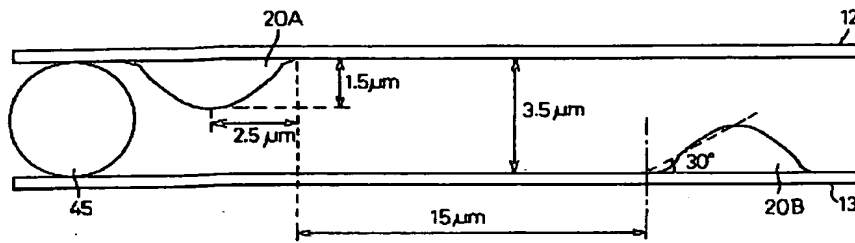


(2)  
-90°



(53)

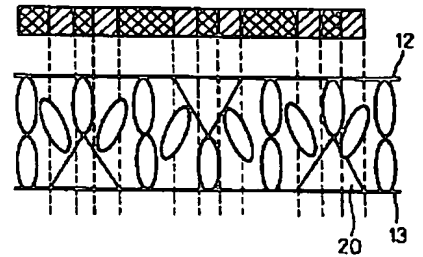
【図19】



【図27】

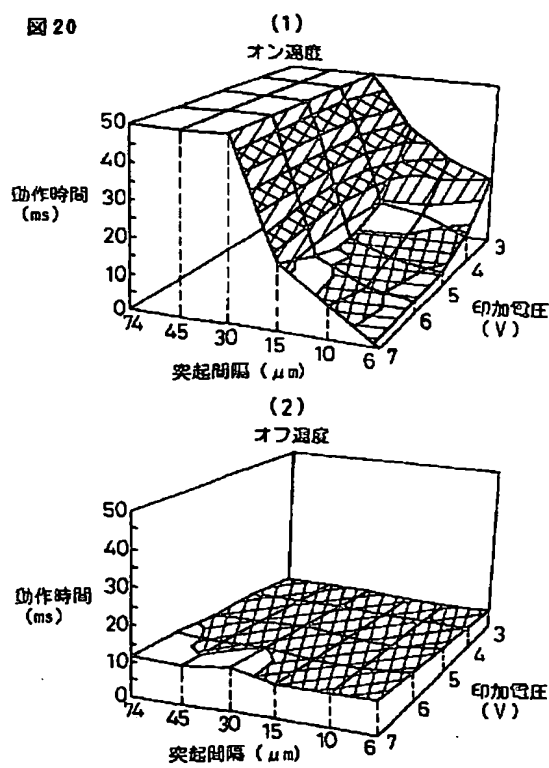
図27

図  
6



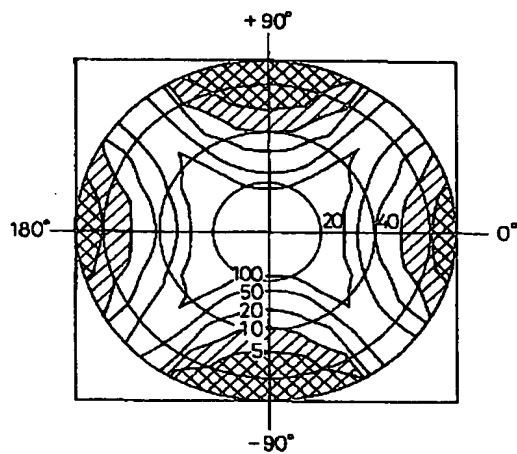
【図20】

図20



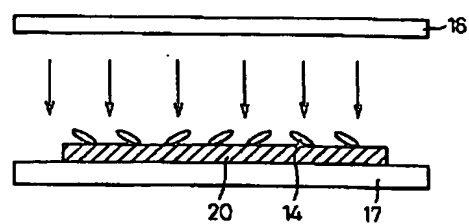
【図22】

図22



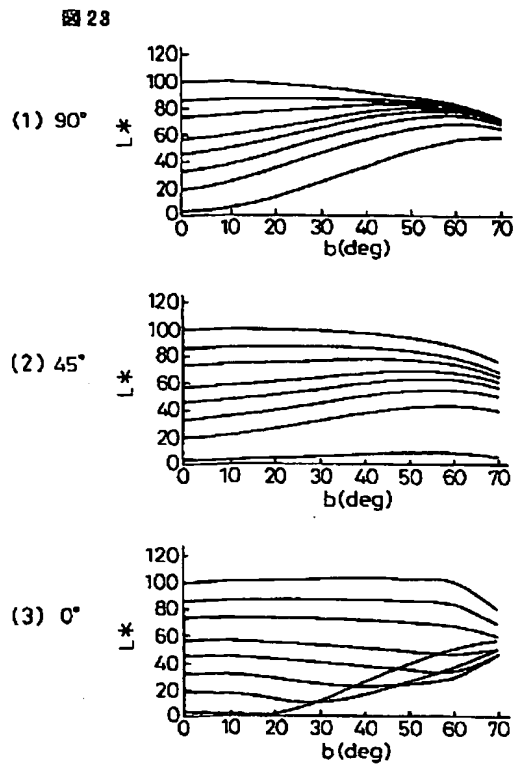
【図36】

図36

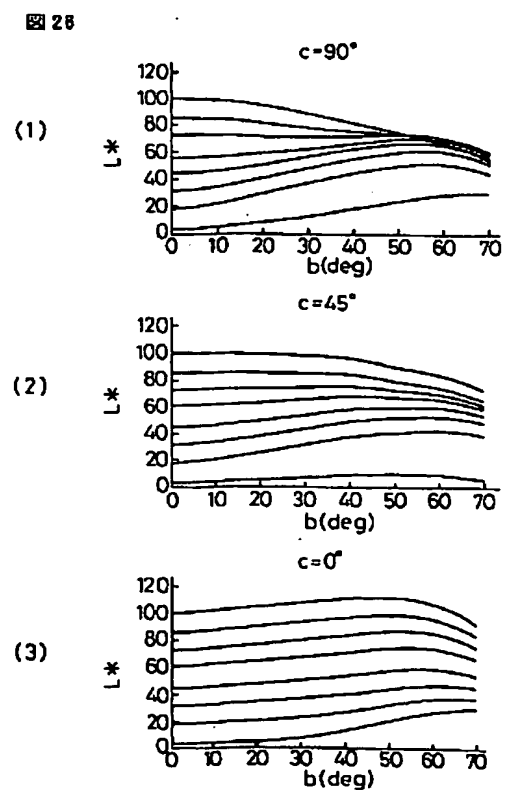


(54)

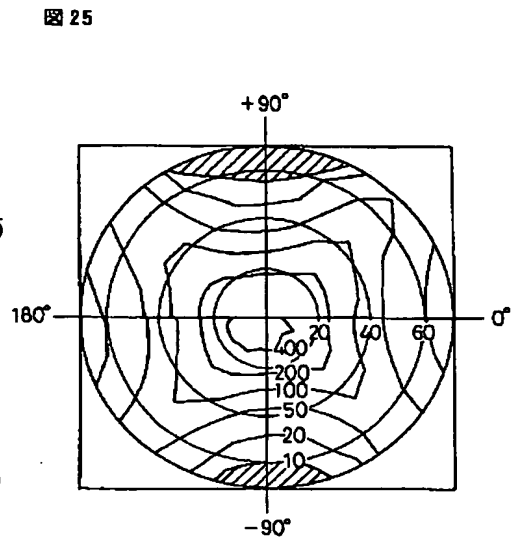
【図23】



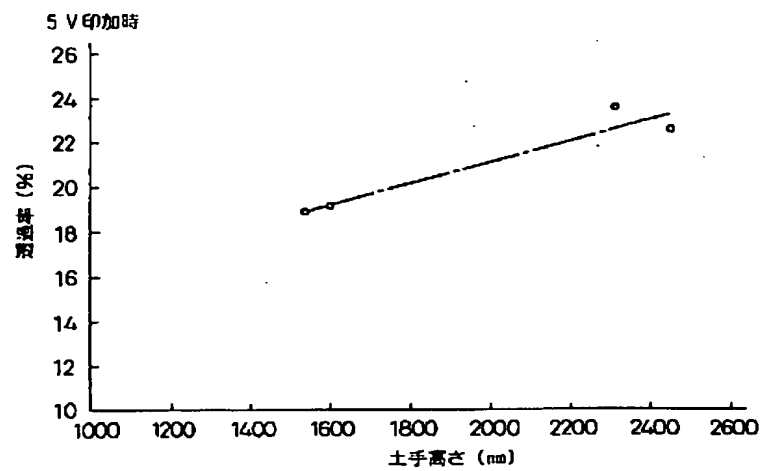
【図26】



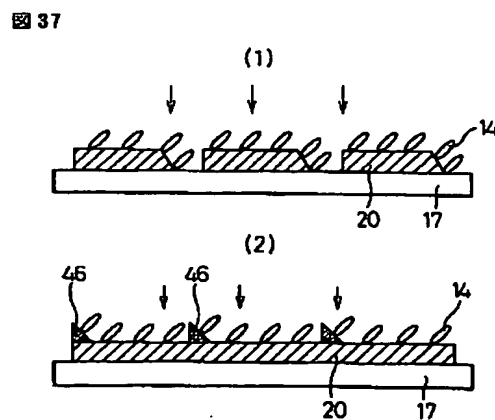
【図25】



【図30】

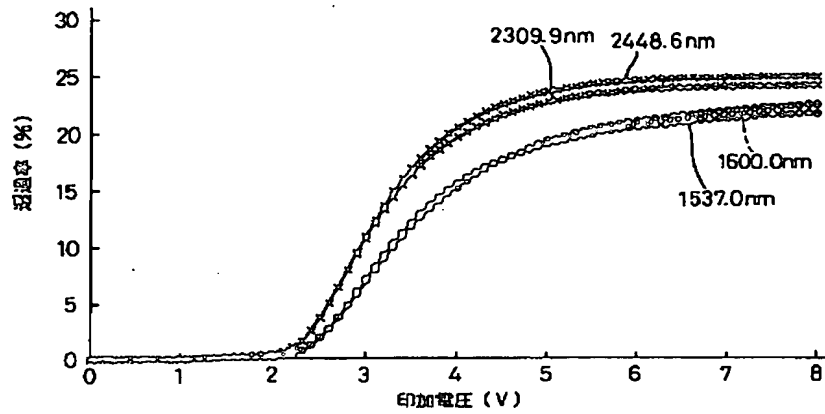


【図37】

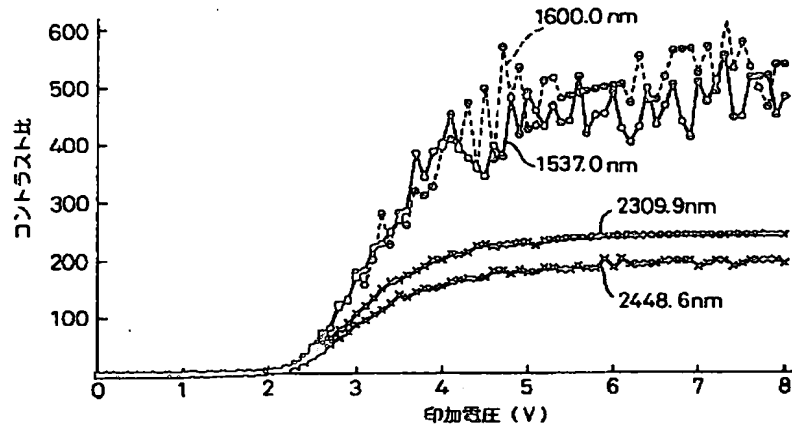


(55)

【図28】

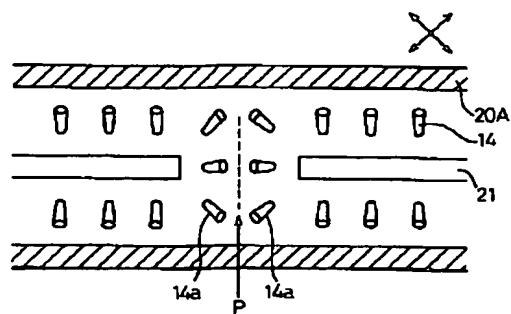


【図29】



【図40】

図40



【図33】

図28 図33

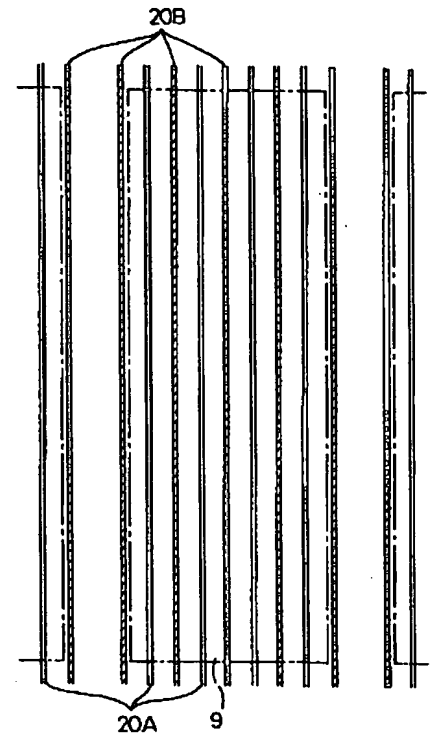
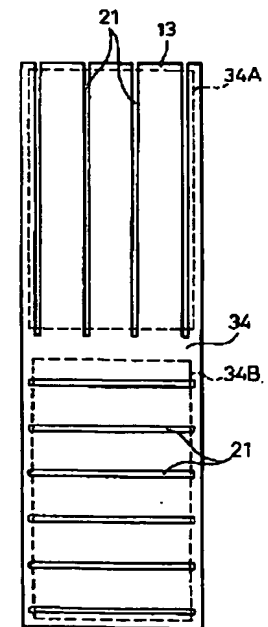


図29

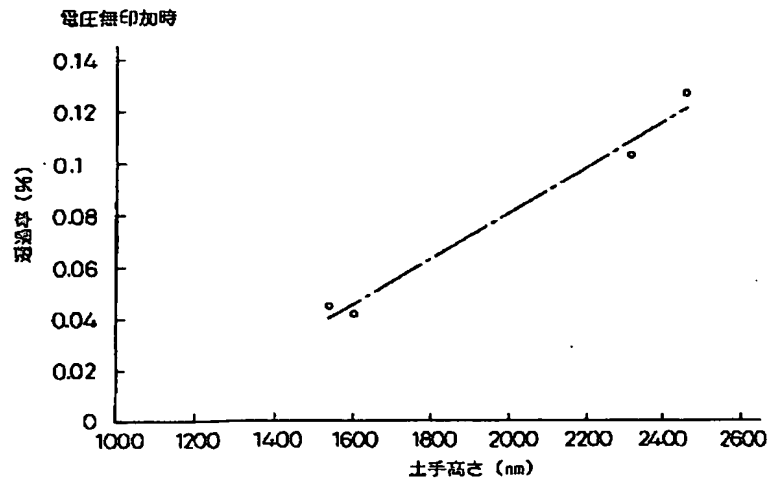
【図39】

図39

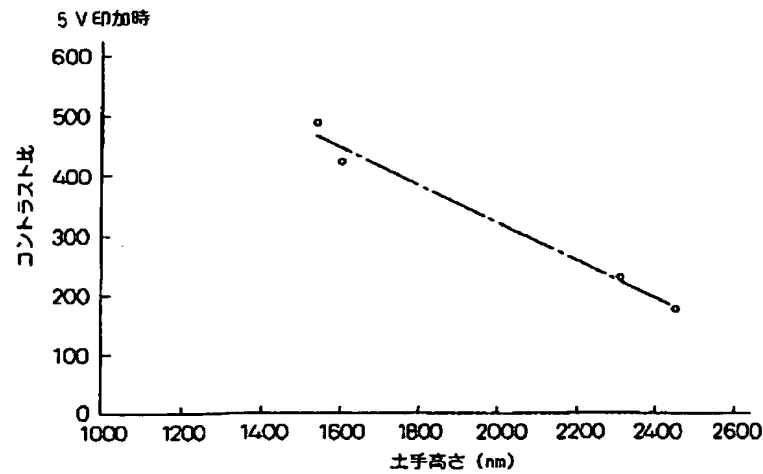


(56)

【図 3 1】



【図 3 2】



【図 4 1】

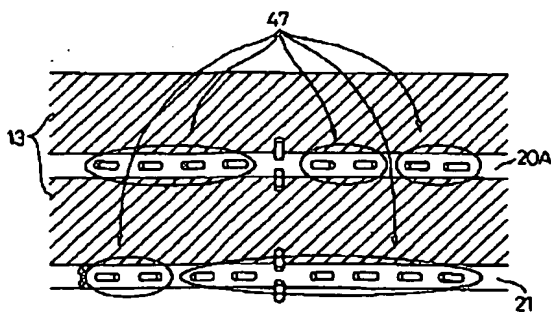


図 41

【図 4 3】

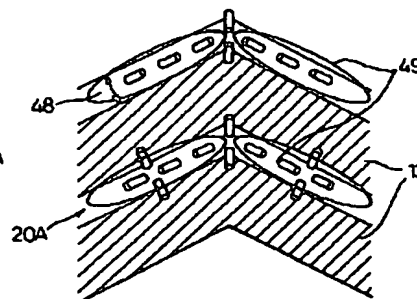
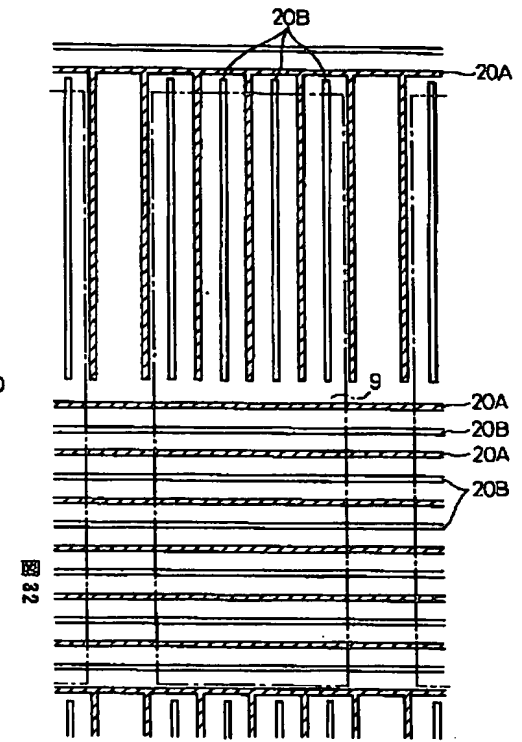


図 43

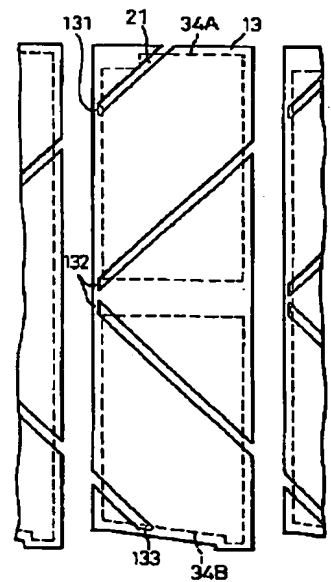
【図 3 4】

図 34



【図 4 5】

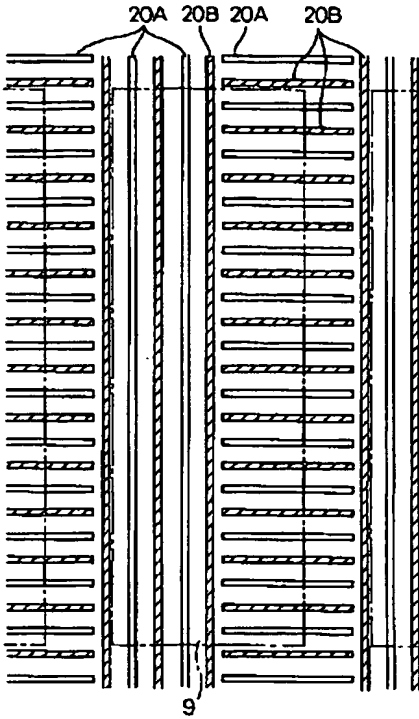
図 45



(57)

【図35】

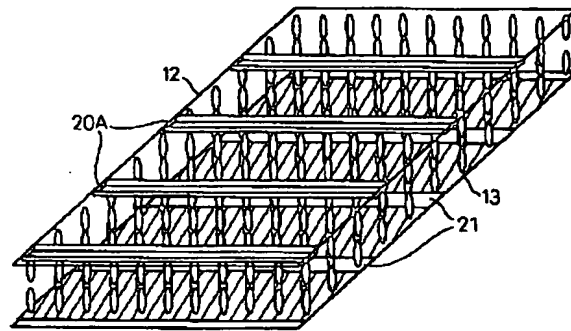
図35



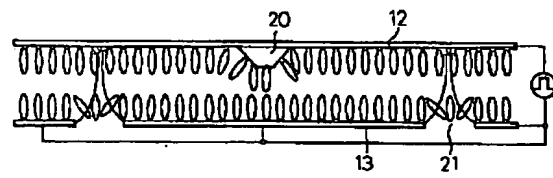
【図38】

図38

(1)



(2)



【図44】

【図42】

図42

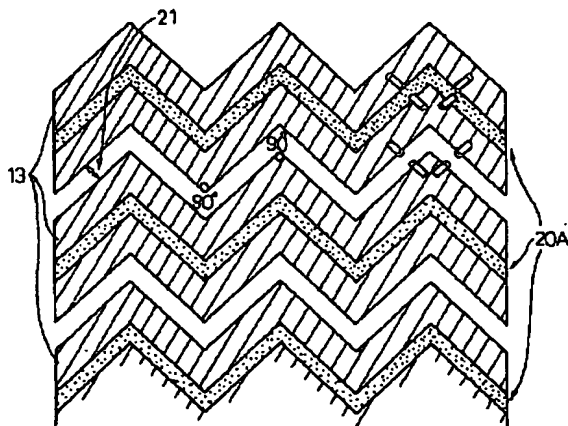
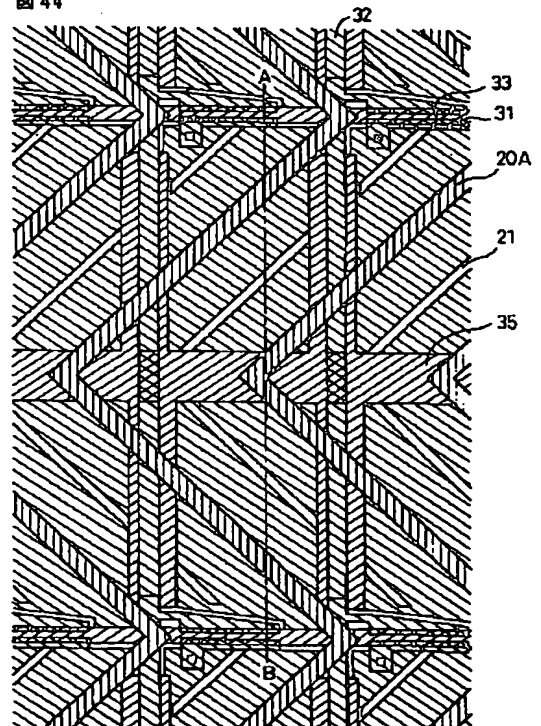


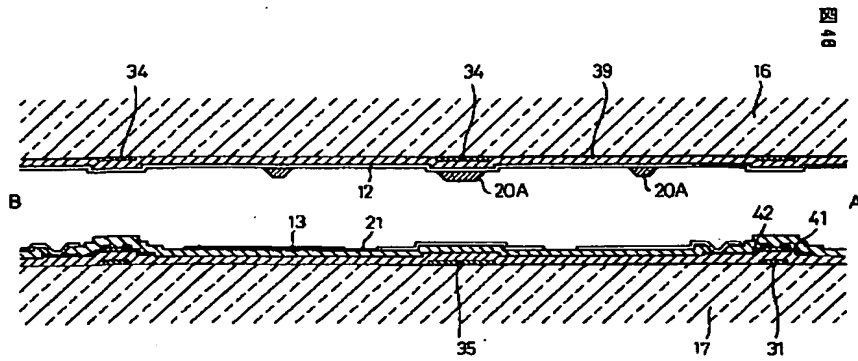
図44



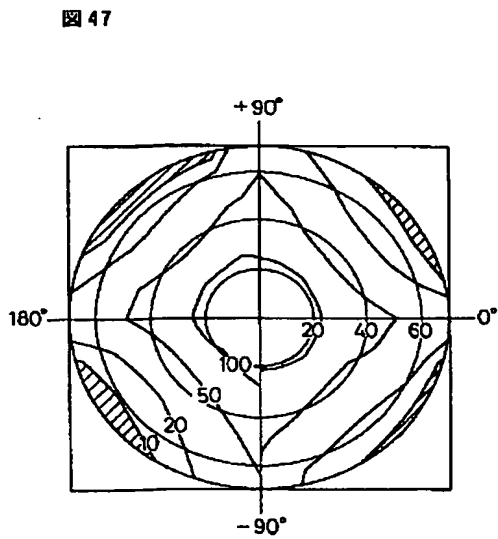


(58)

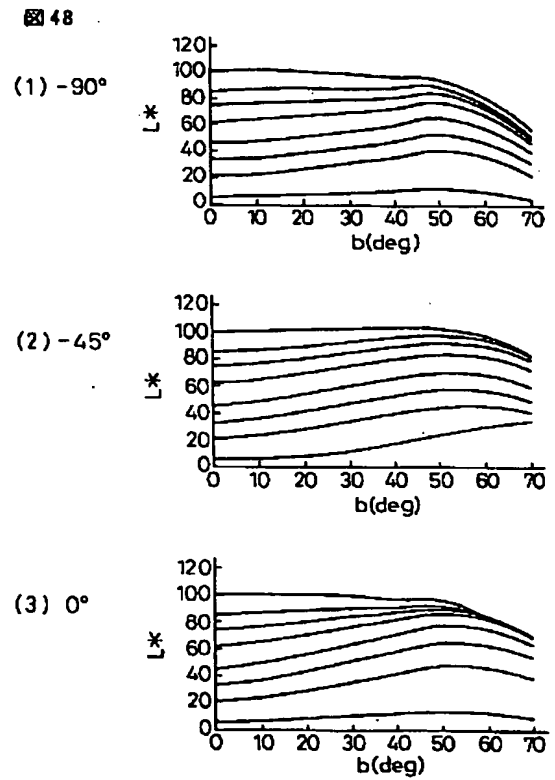
【図46】



【図47】



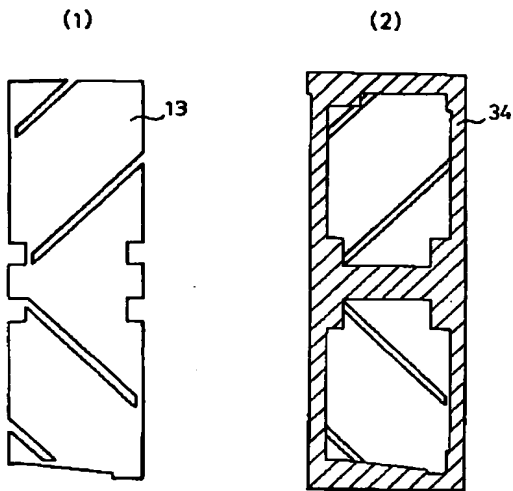
【図48】



(59)

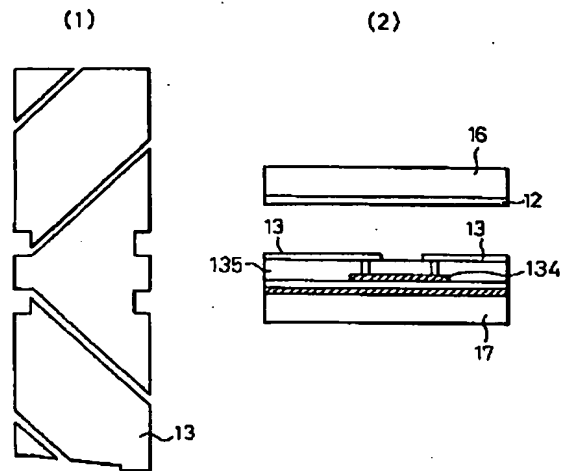
【図49】

図49



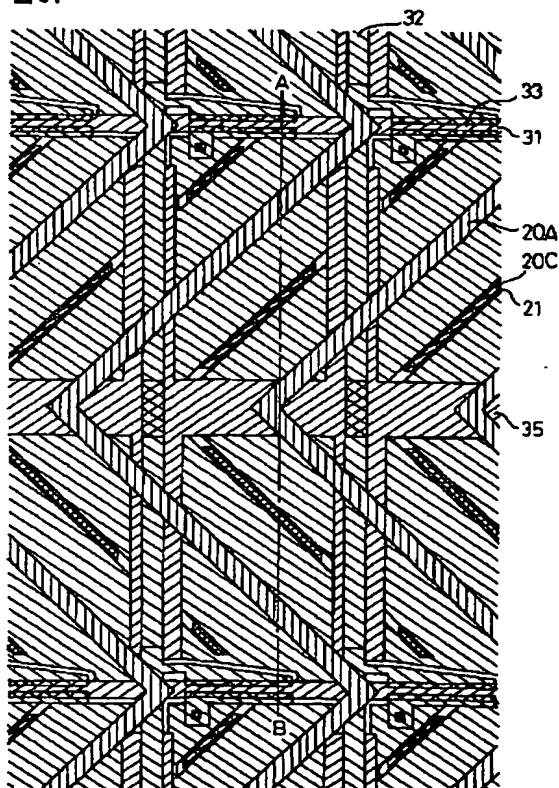
【図50】

図50



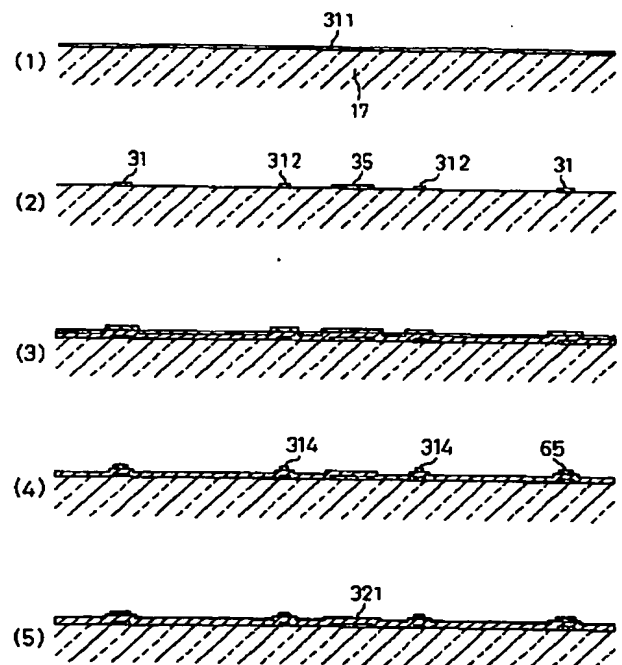
【図51】

図51



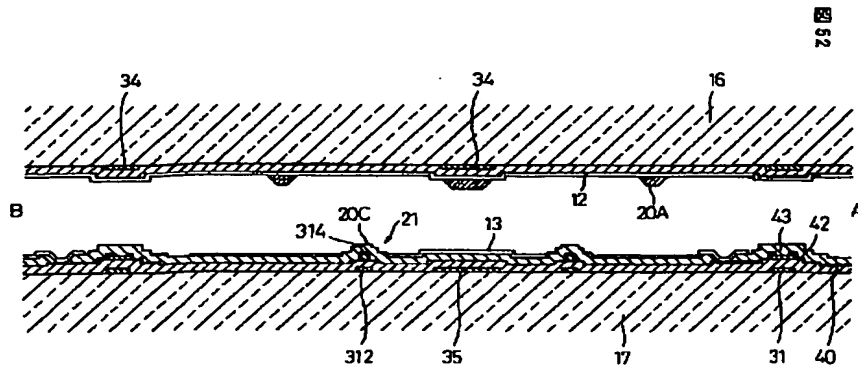
【図53】

図53

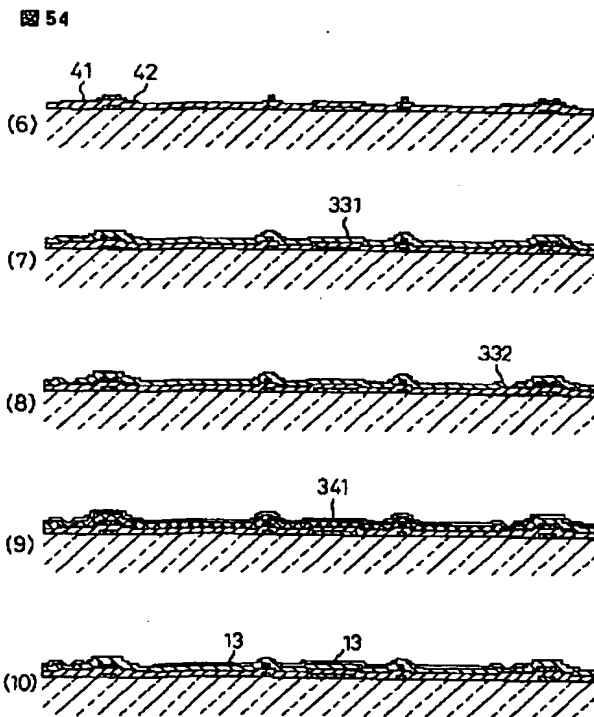


(60)

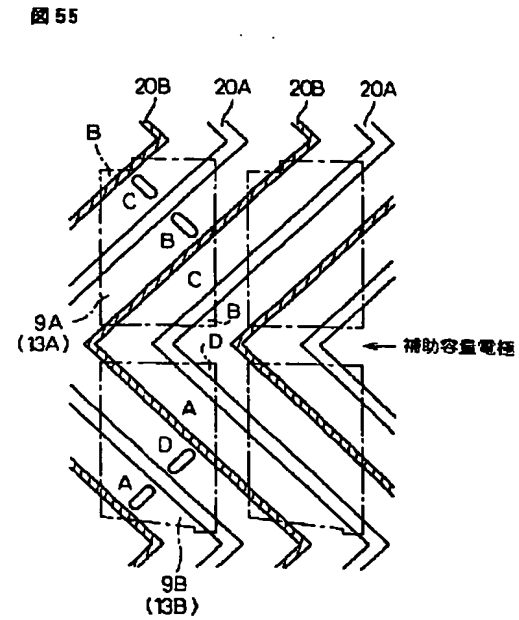
【図 5 2】



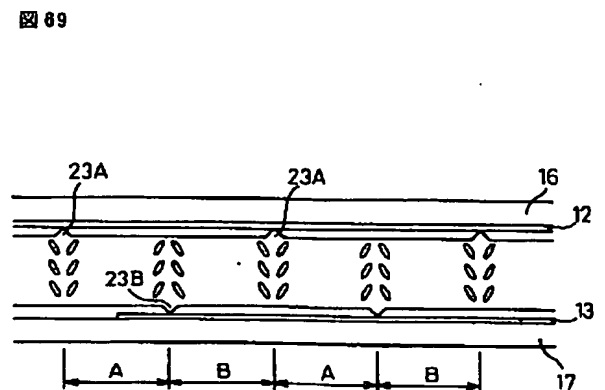
【図 5 4】



【図 5 5】



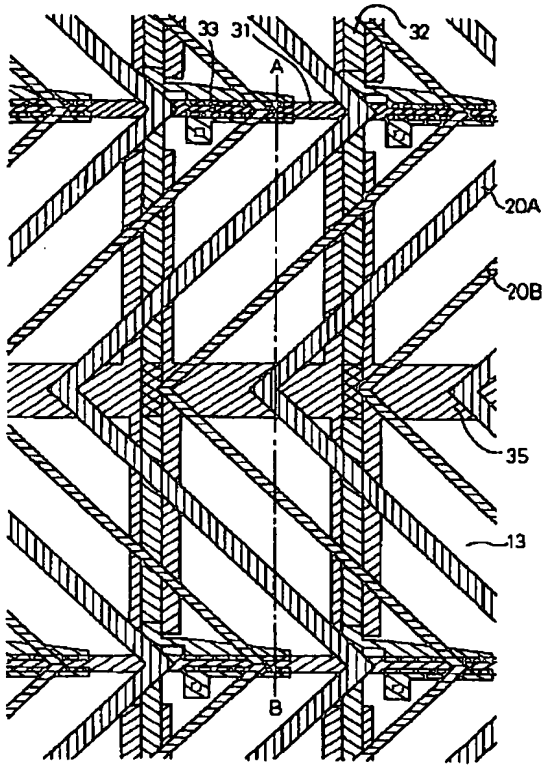
【図 6 9】



(61)

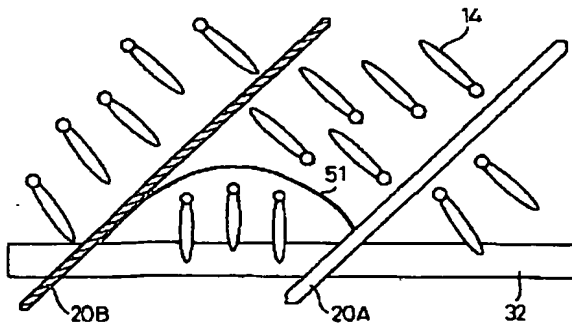
【図56】

図56



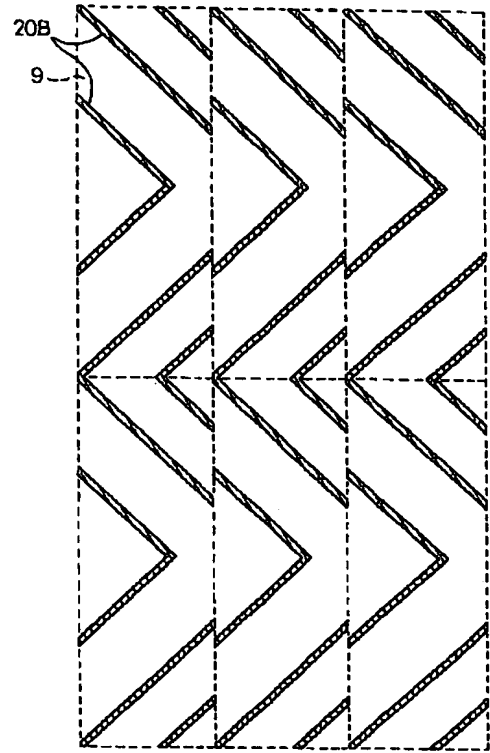
【図60】

図60



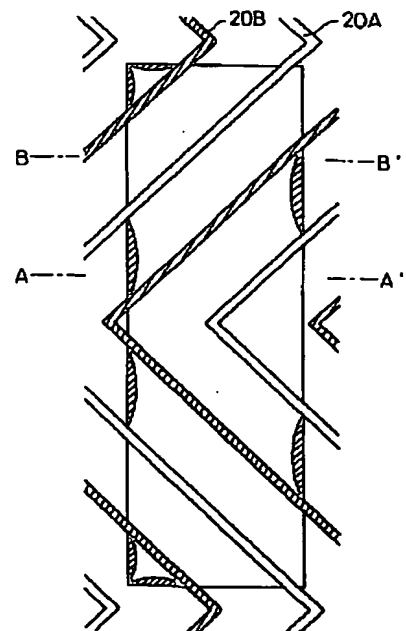
【図57】

図57



【図61】

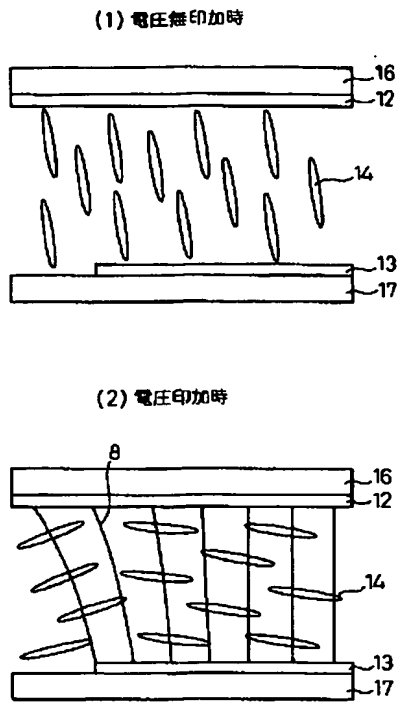
図61



(62)

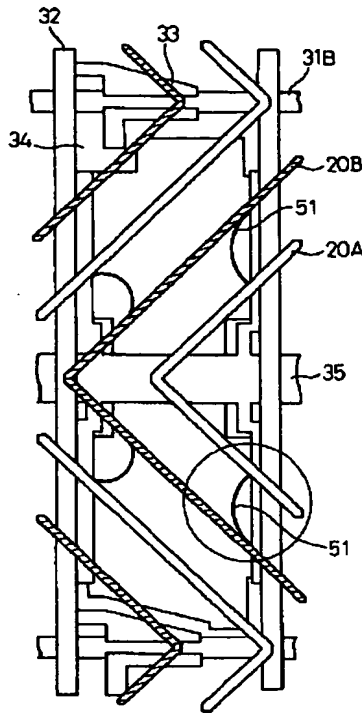
【図58】

図58



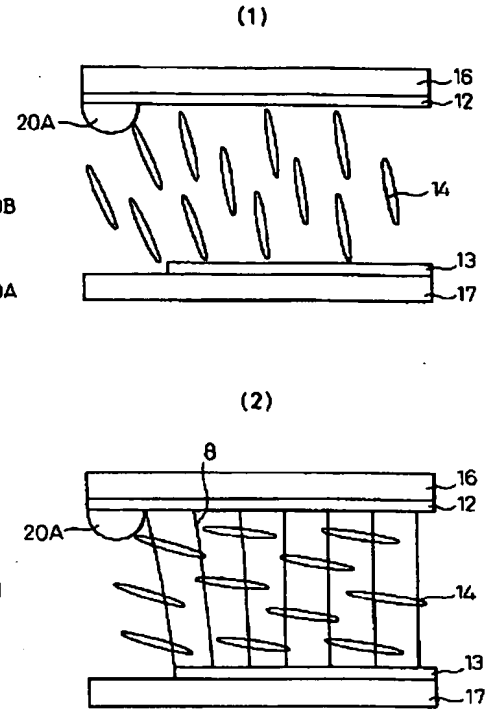
【図59】

図59



【図63】

図63



【図62】

【図64】

図62

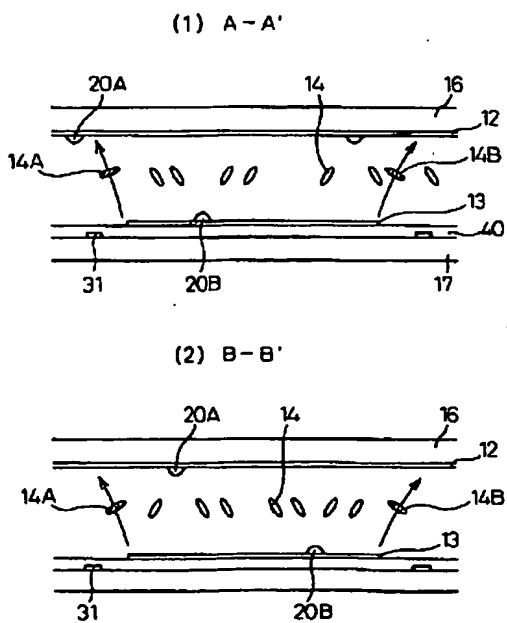
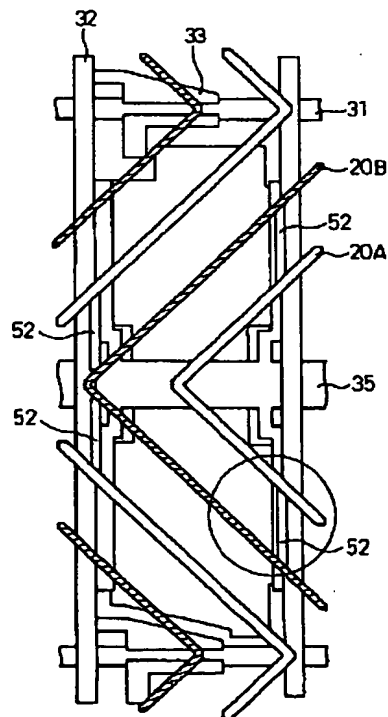


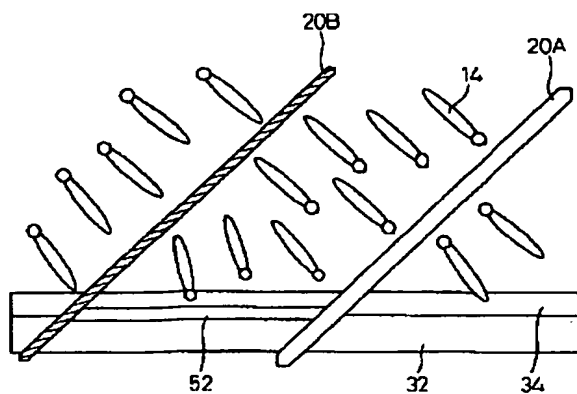
図64



(63)

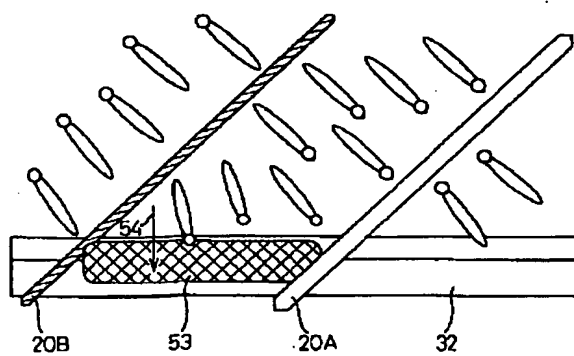
【図65】

図65



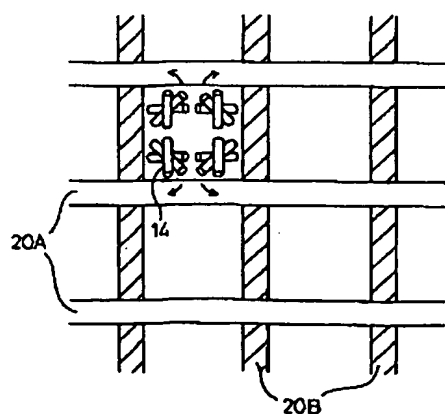
【図67】

図67



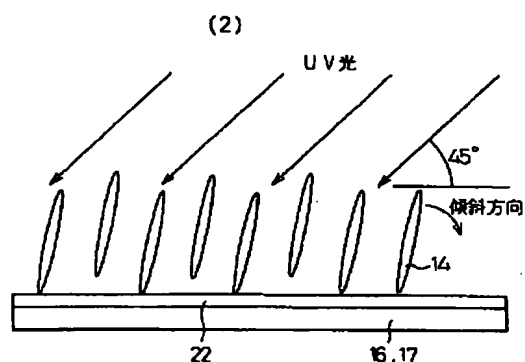
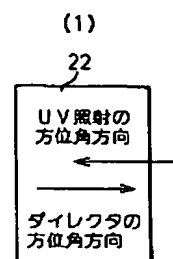
【図83】

図83



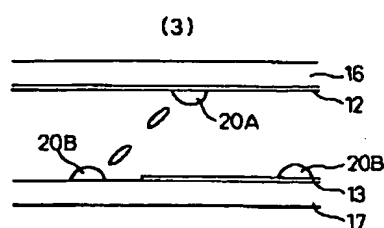
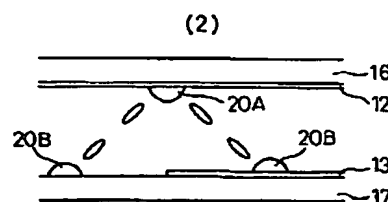
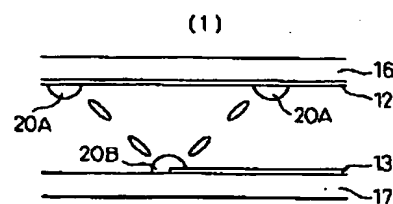
【図66】

図66



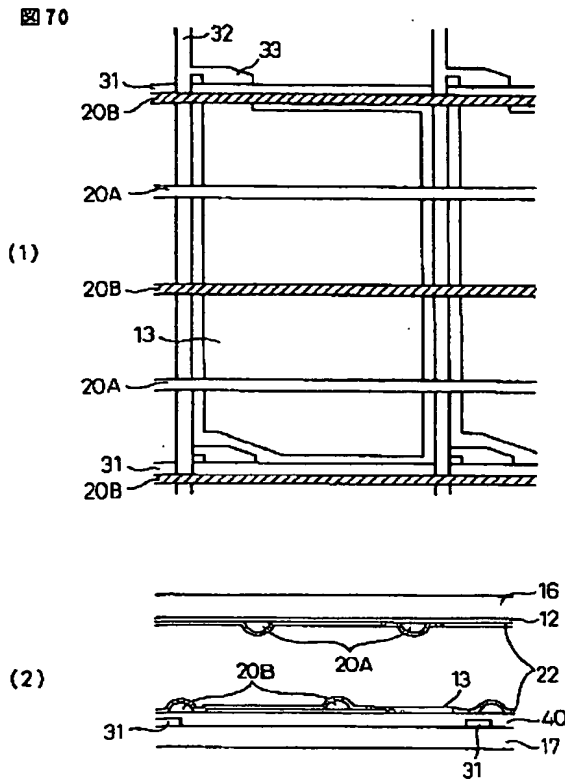
【図68】

図68

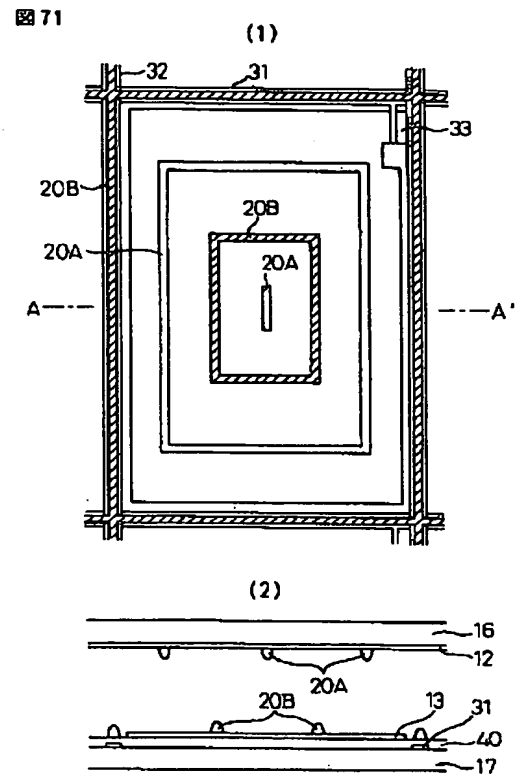


(64)

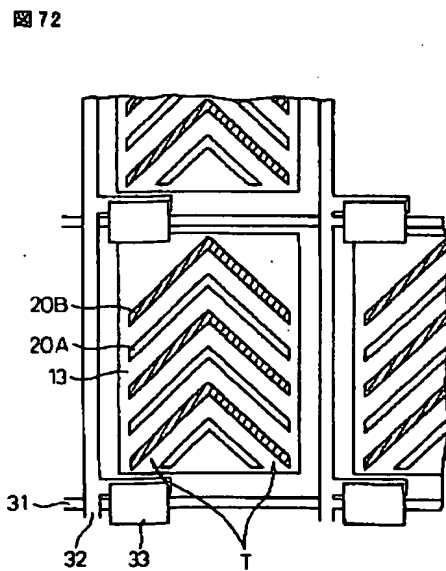
【図70】



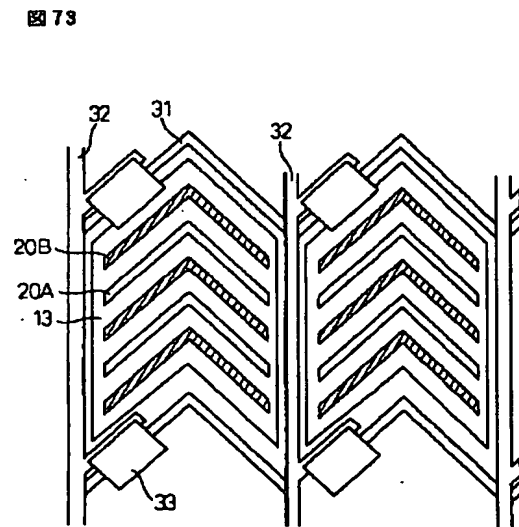
【図71】



【図72】



【図73】

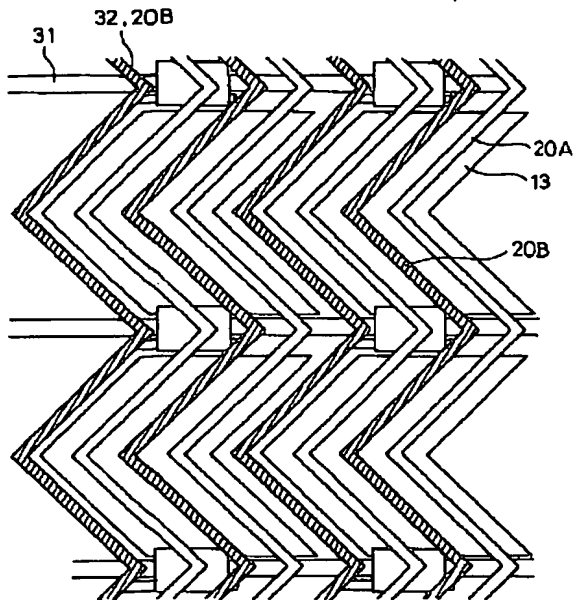




(65)

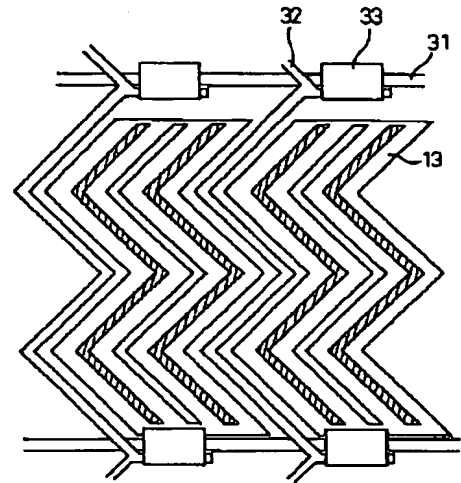
【図74】

図74



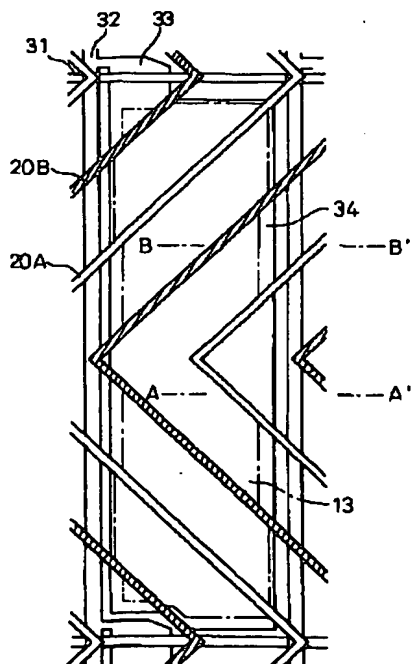
【図75】

図75



【図76】

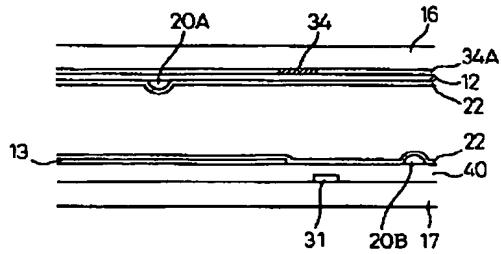
図76



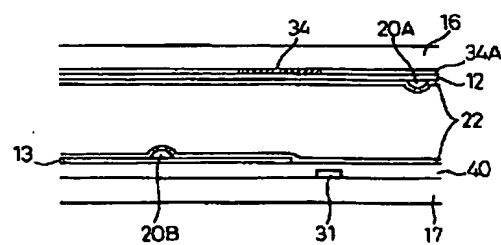
【図77】

図77

(1) A-A'



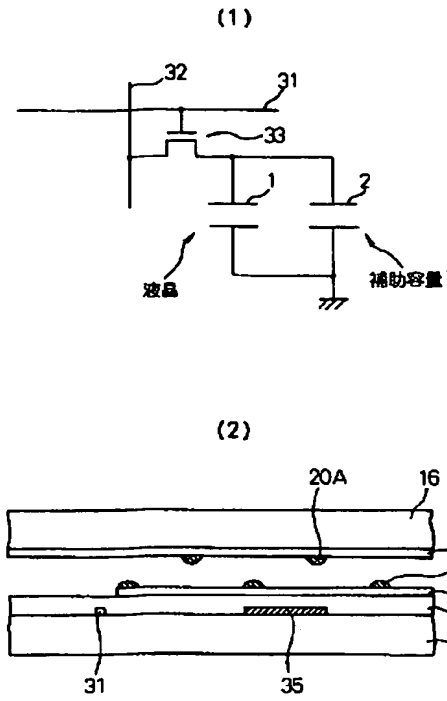
(2) B-B'



(66)

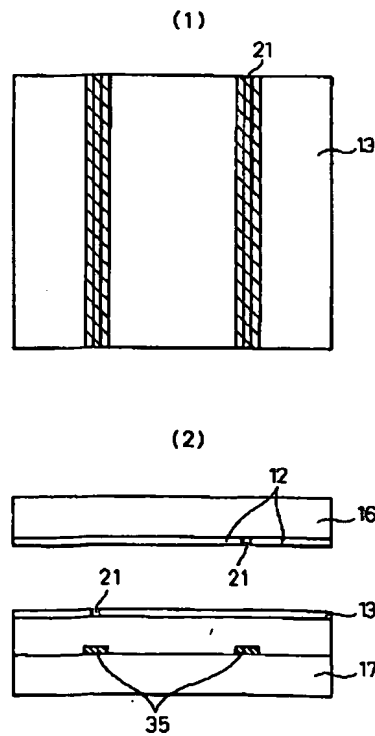
【図78】

図78



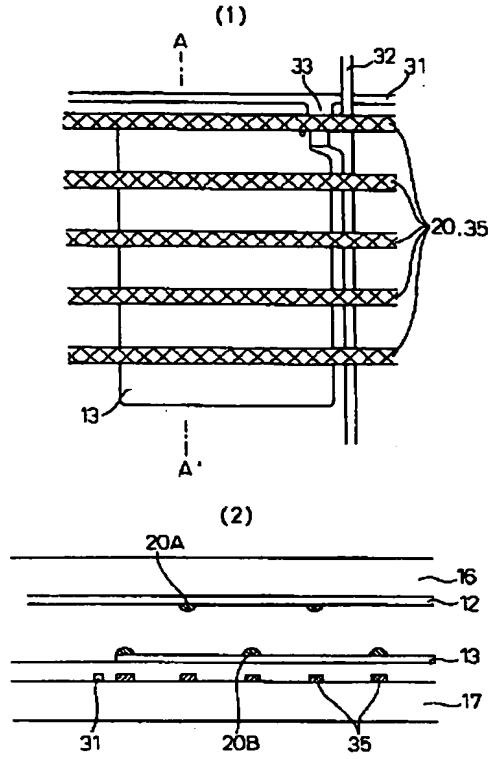
【図80】

図80



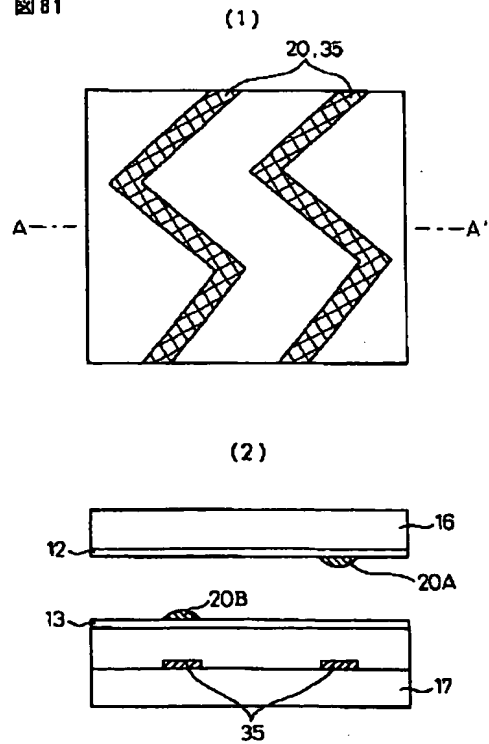
【図79】

図79



【図81】

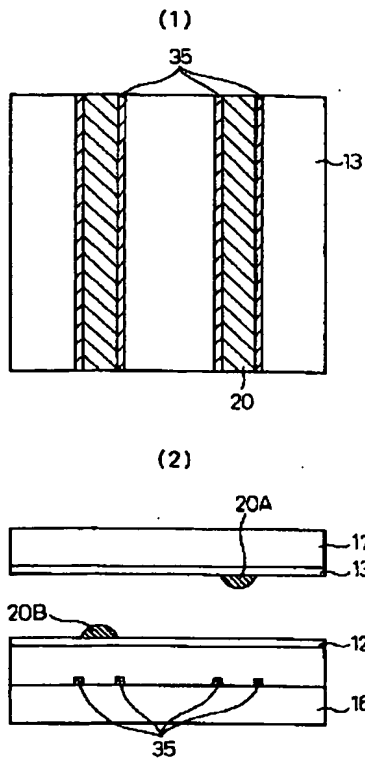
図81



(67)

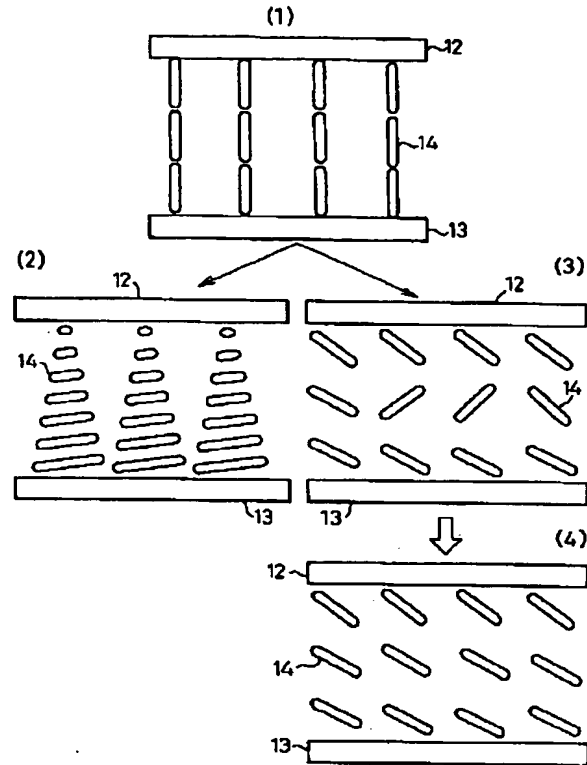
【図82】

図82



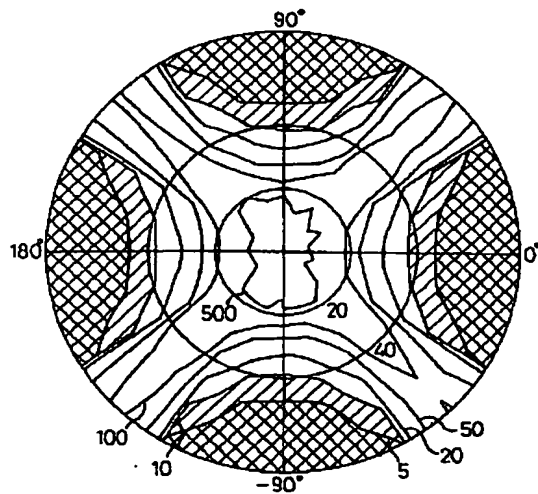
【図84】

図84



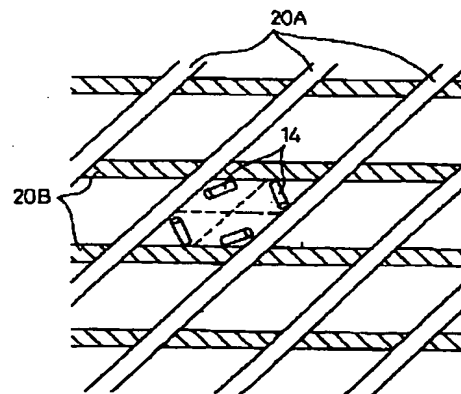
【図85】

図85



【図89】

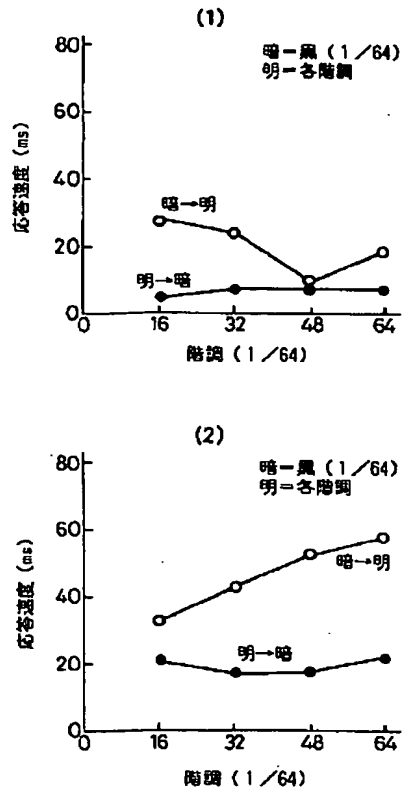
図89



(68)

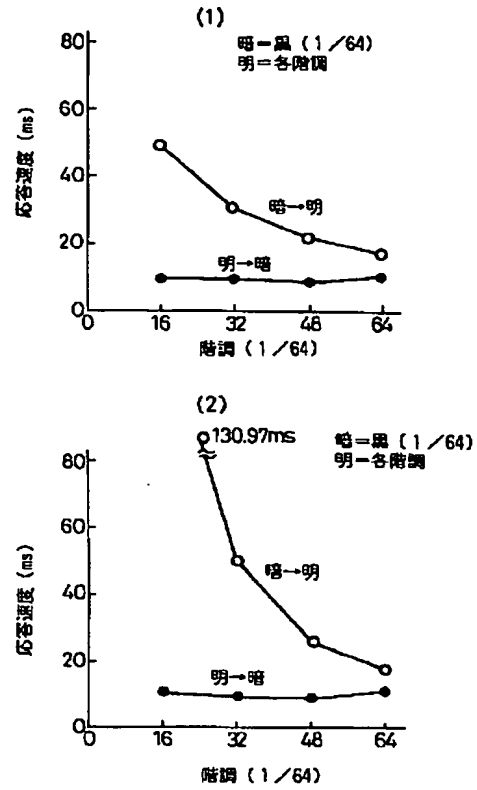
【図86】

図86



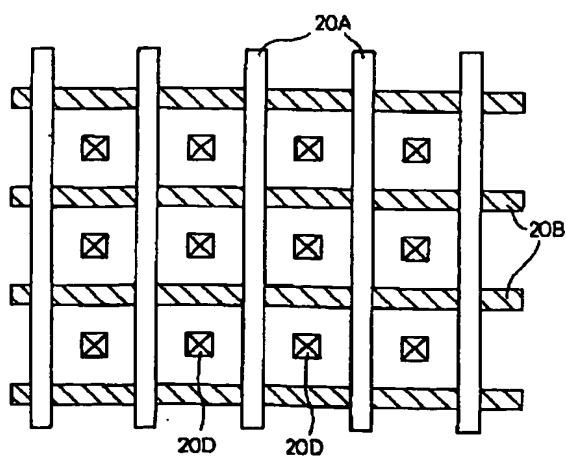
【図87】

図87



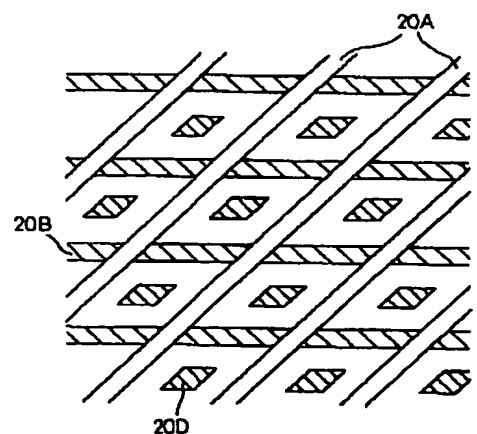
【図90】

図90



【図91】

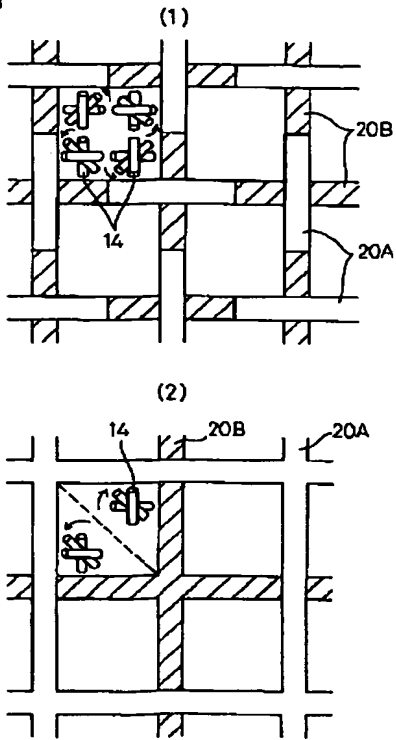
図91



(69)

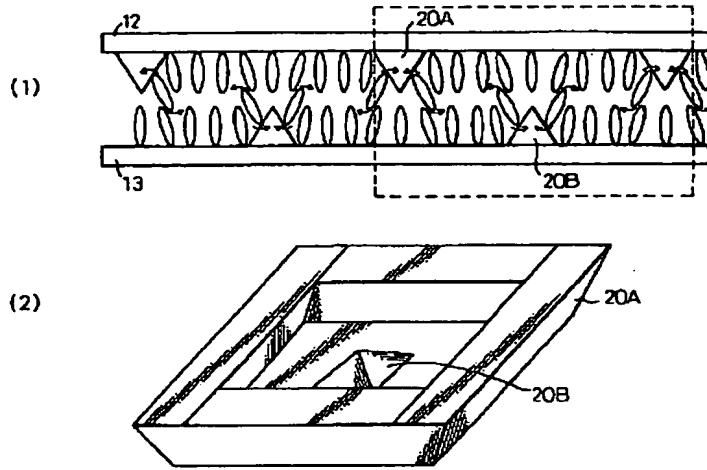
【図88】

図88



【図92】

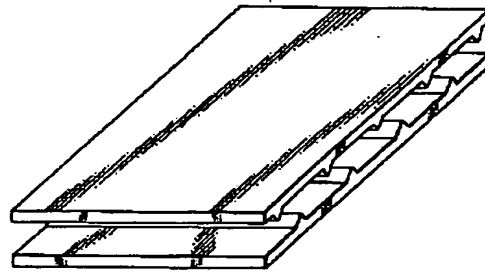
図92



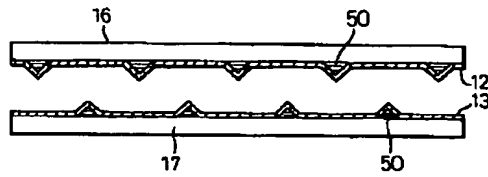
【図94】

図84

(1)

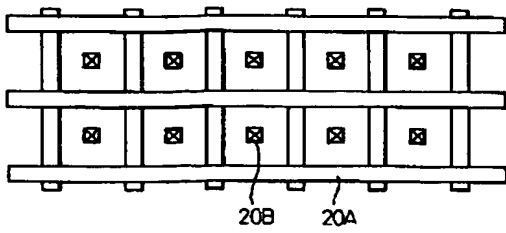


(2)



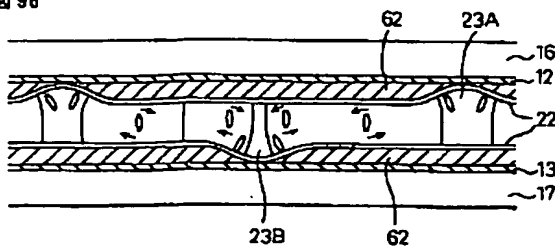
【図93】

図93



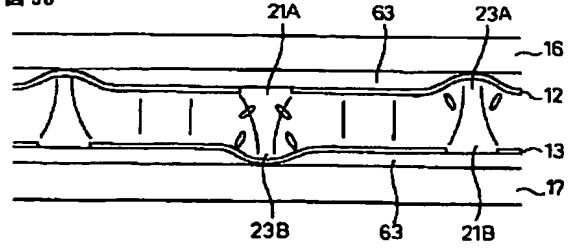
【図96】

図96



【図98】

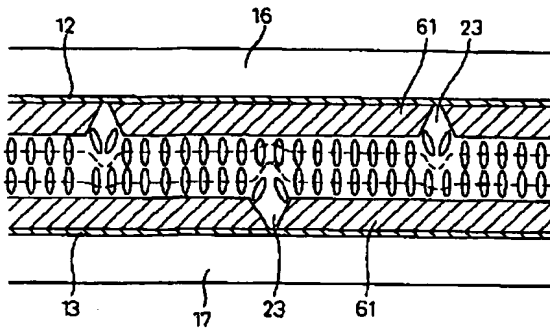
図98



(70)

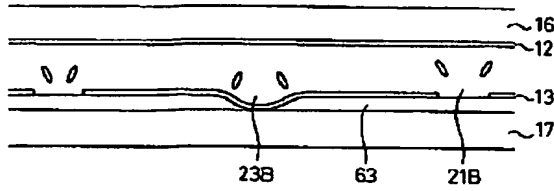
【図95】

図95



【図99】

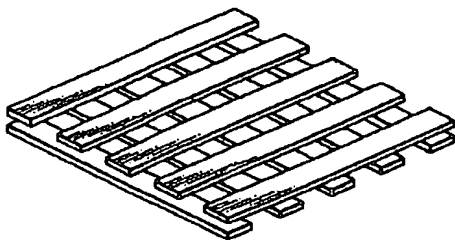
図99



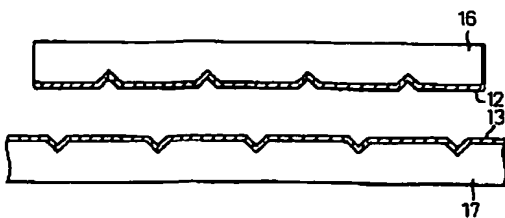
【図101】

図101

(1)

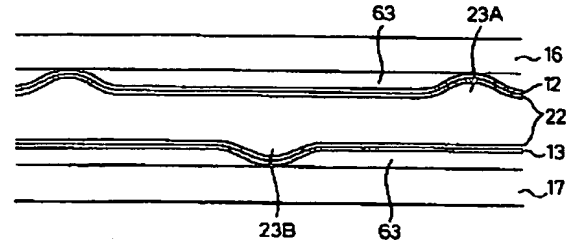


(2)



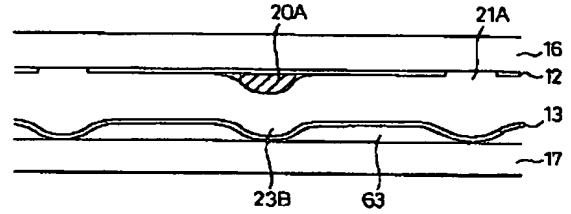
【図97】

図97



【図100】

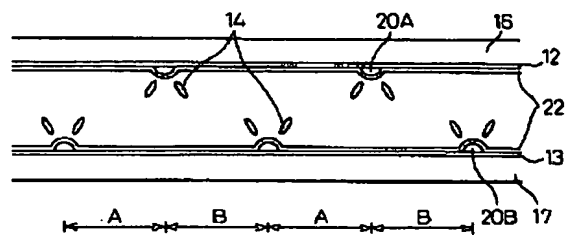
図100



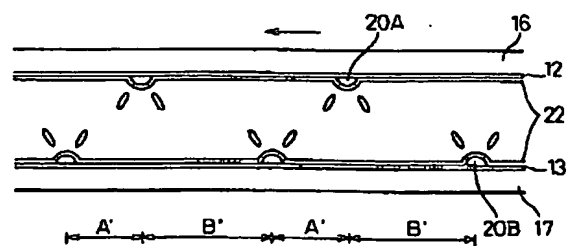
【図102】

図102

(1)



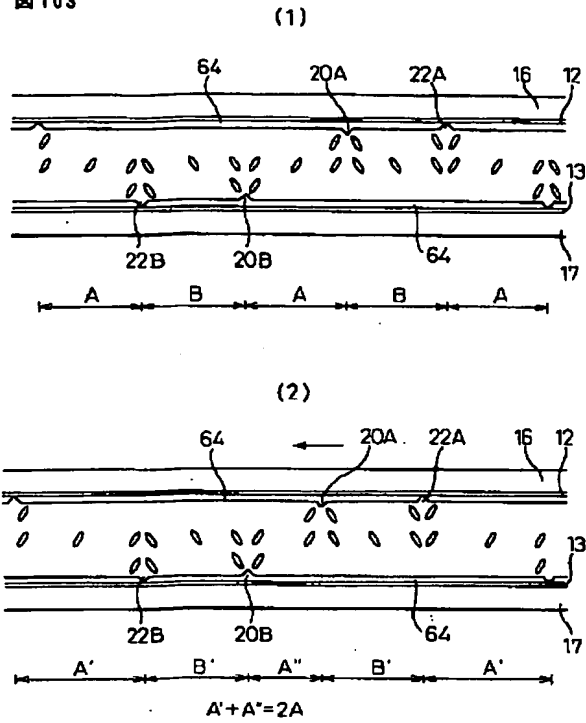
(2)



(71)

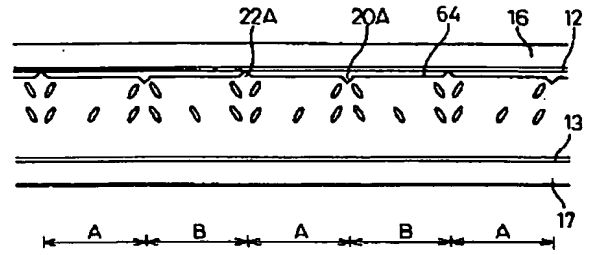
【図103】

図103



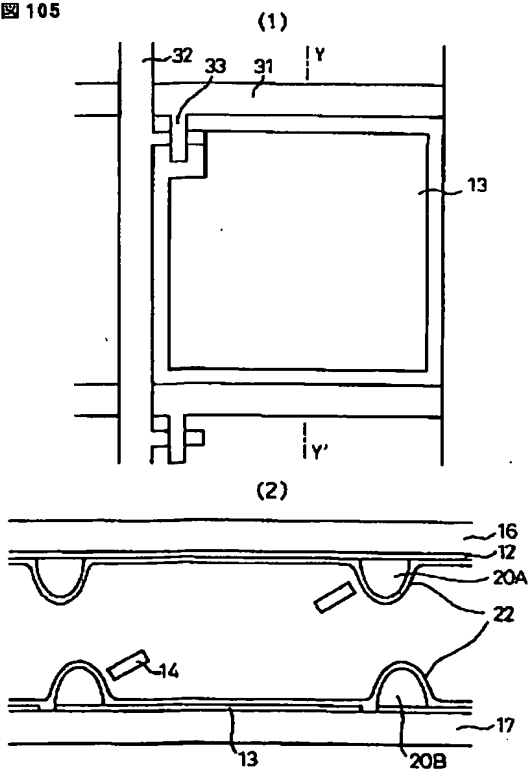
【図104】

図104



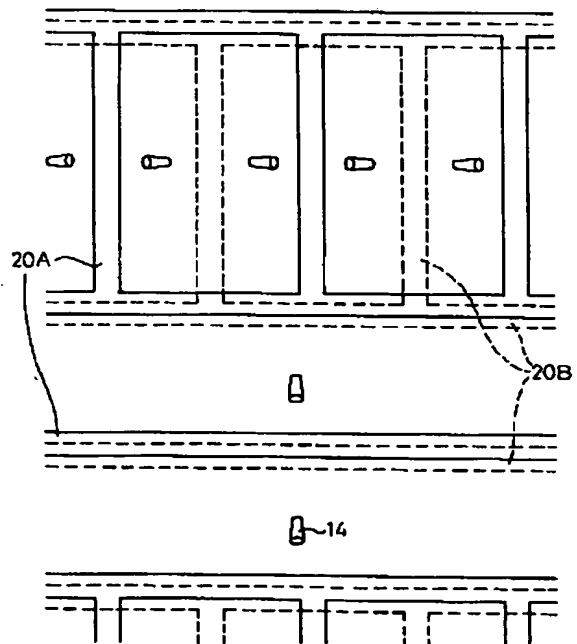
【図105】

図105



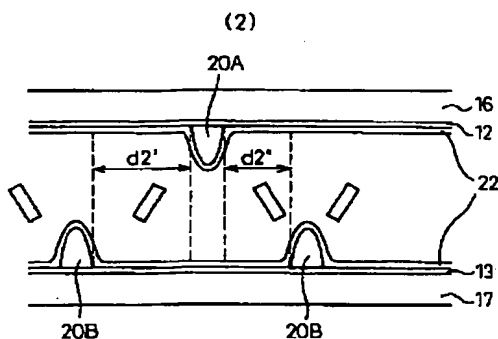
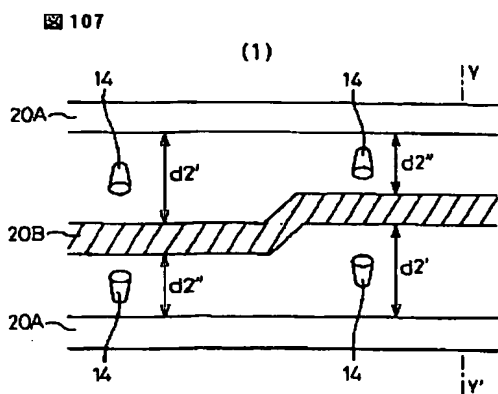
【図106】

図106

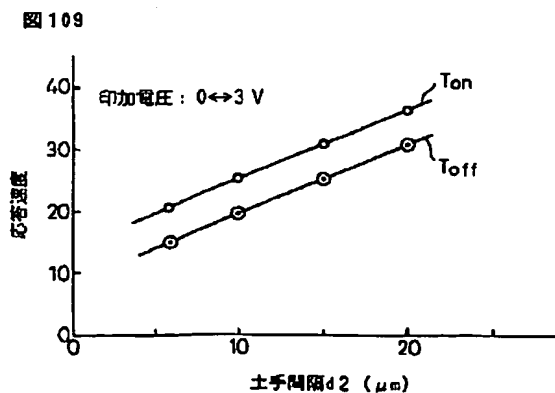


(72)

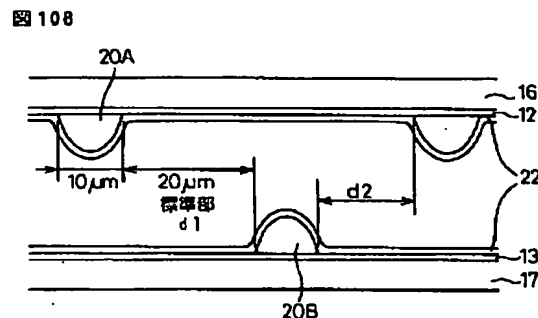
【図107】



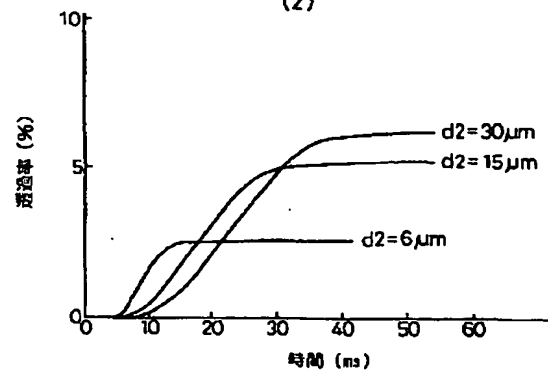
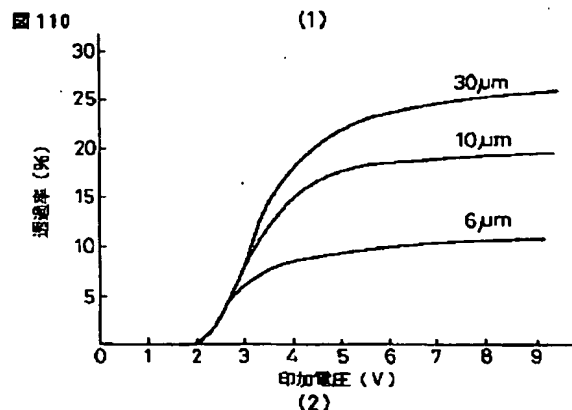
【図109】



【図108】



【図110】

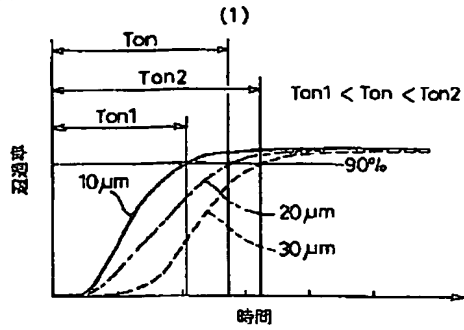




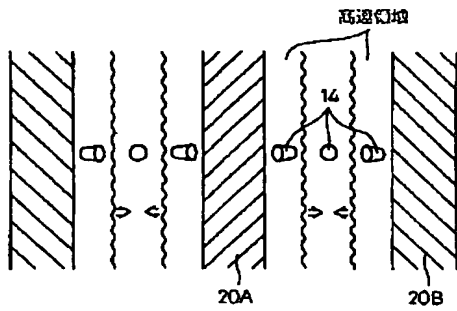
(73)

【図111】

図111

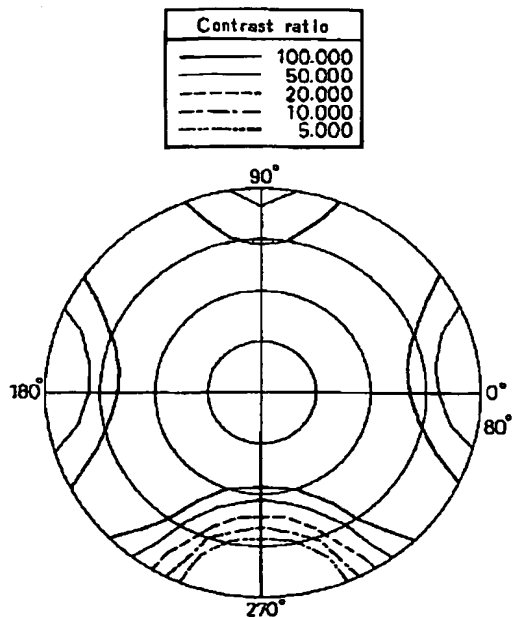


(2)



【図113】

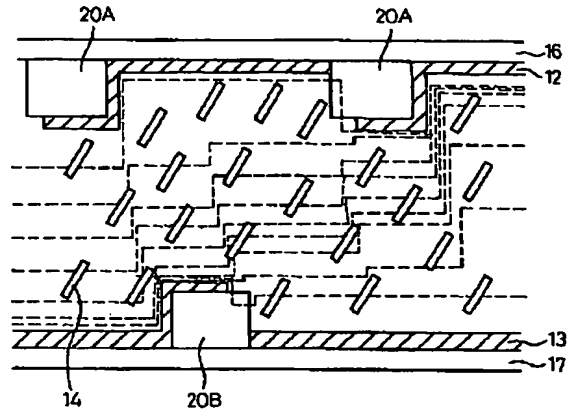
図113



Contrast ratio	
————	100.000
-----	50.000
- - - - -	20.000
.....	10.000
.....	5.000

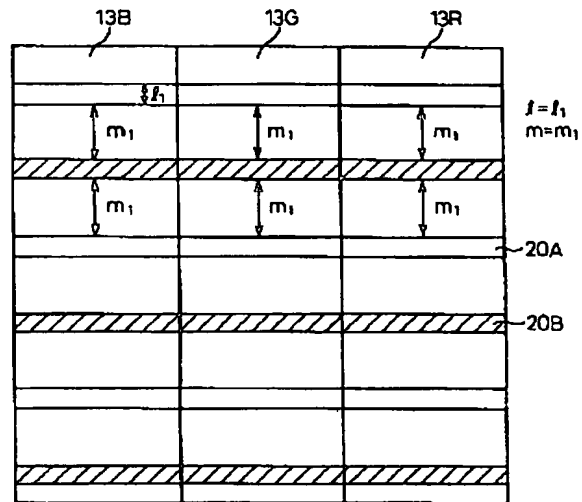
【図112】

図112



【図114】

図114



【図121】

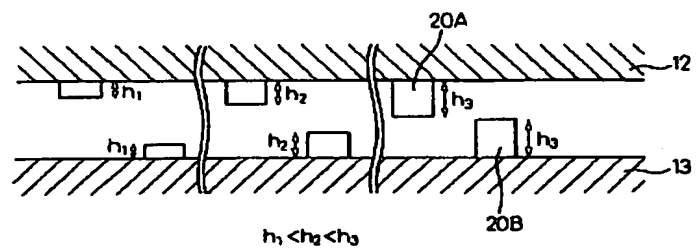
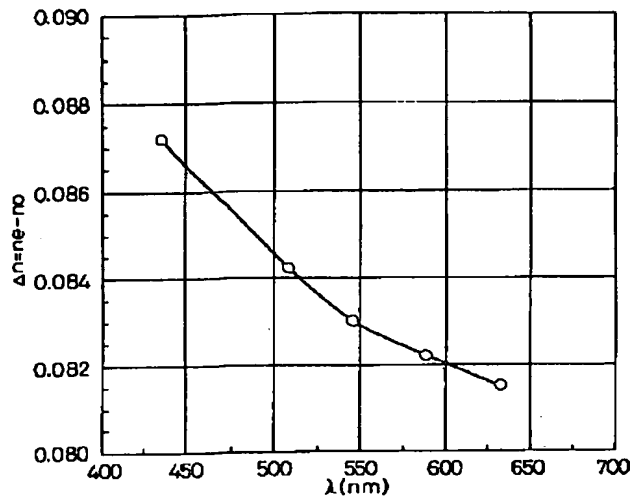


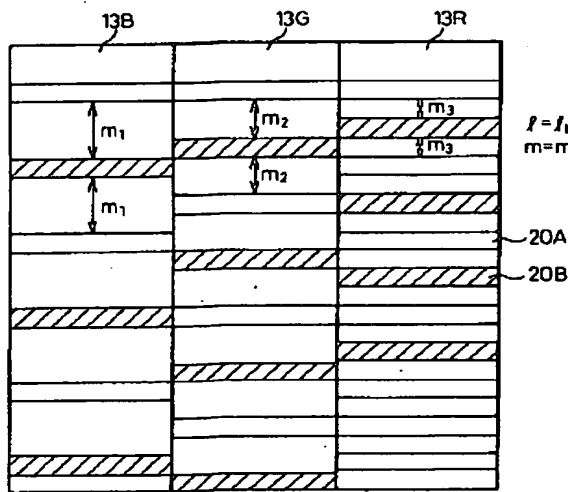
図121

(74)

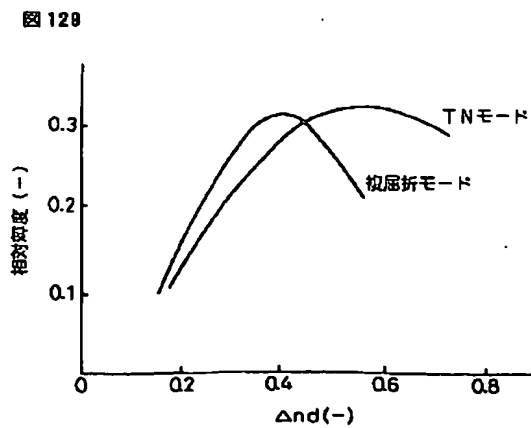
【図115】



【図116】

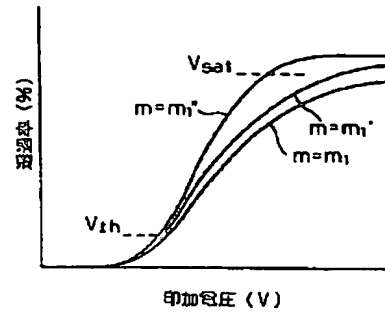


【図129】

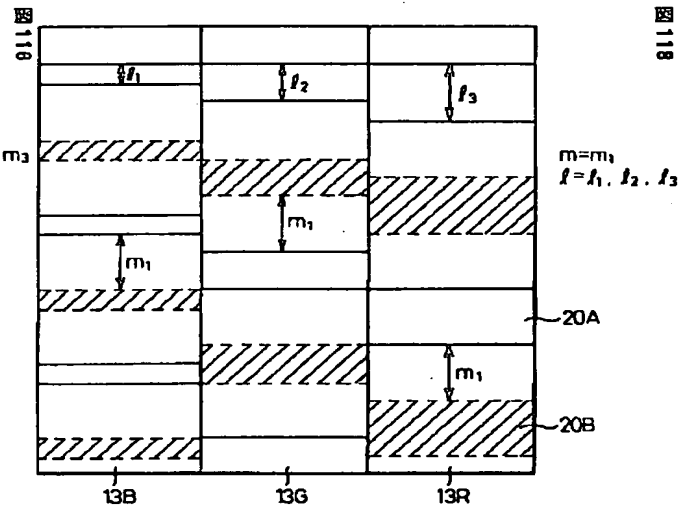


【図117】

図117



【図118】



【図133】

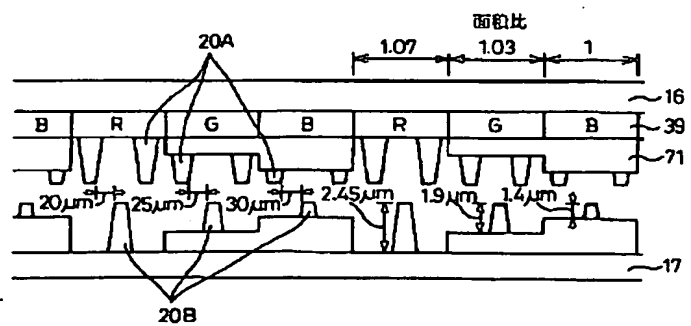
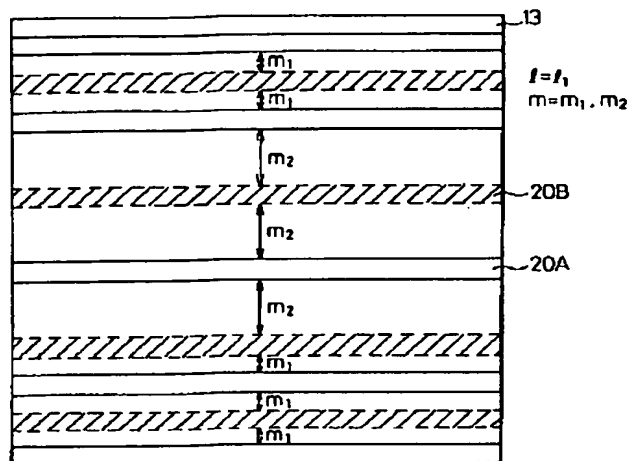


図133

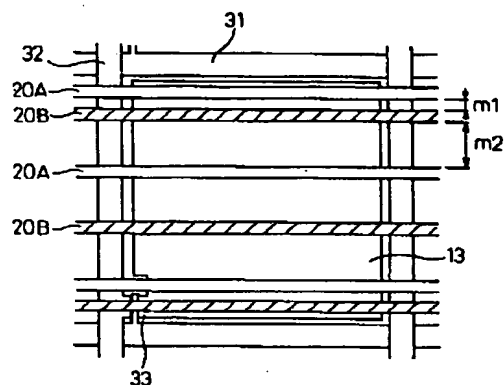
(75)

【図119】



【図120】

図 120



【図128】

【図122】

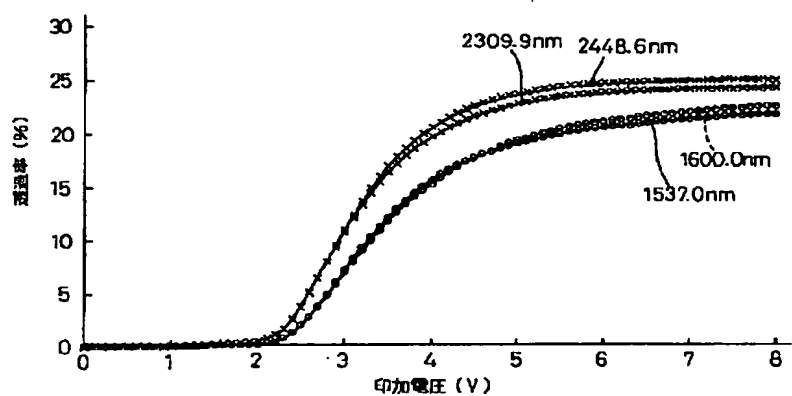
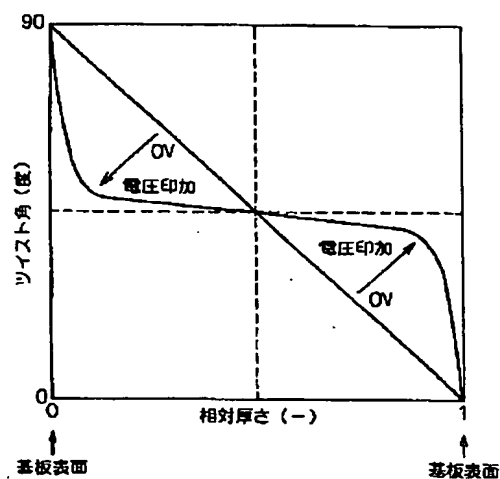
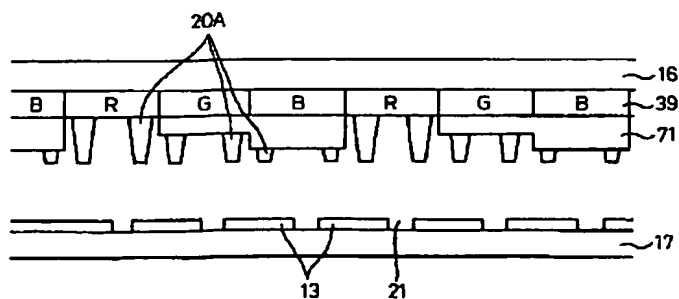


図 128

図 122

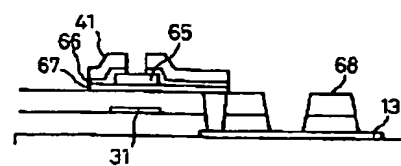


【図134】



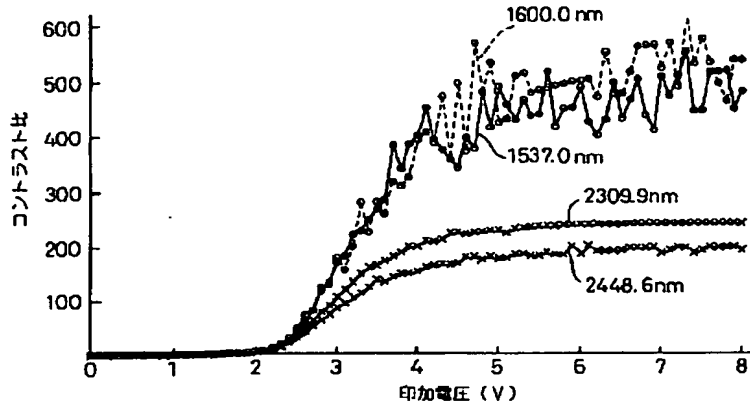
【図135】

図 135

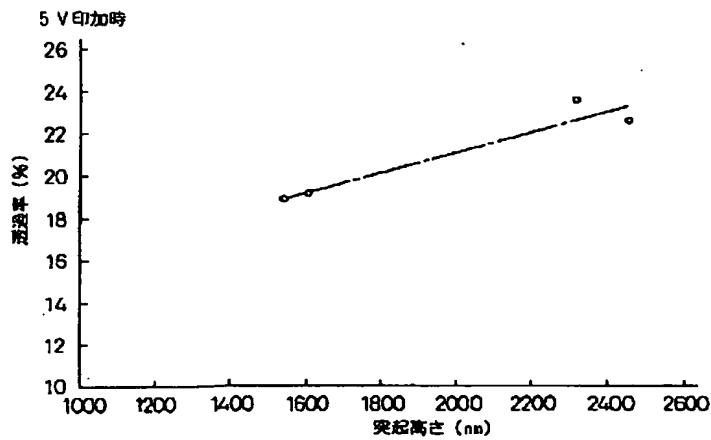


(76)

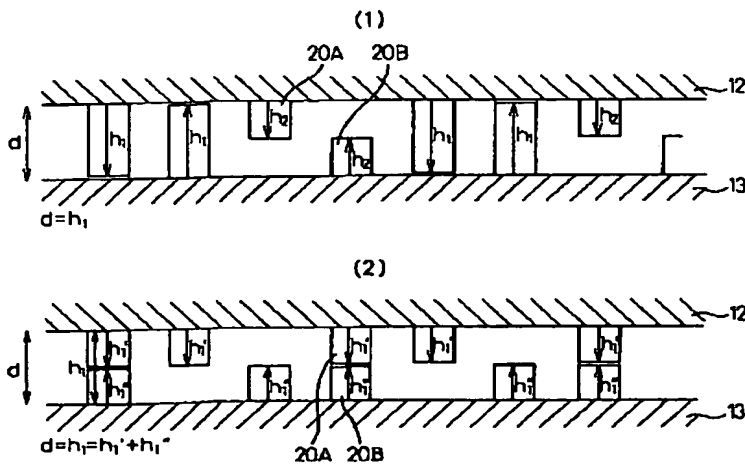
【図123】



【図124】

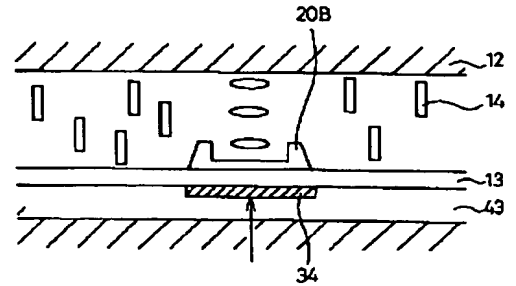


【図126】



【図145】

図 145  
図 123



【図130】

図 130  
図 124

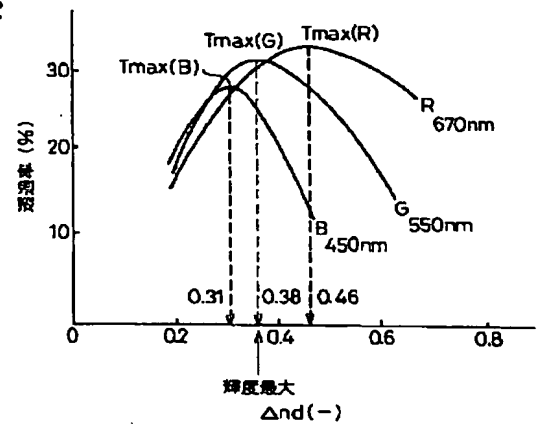
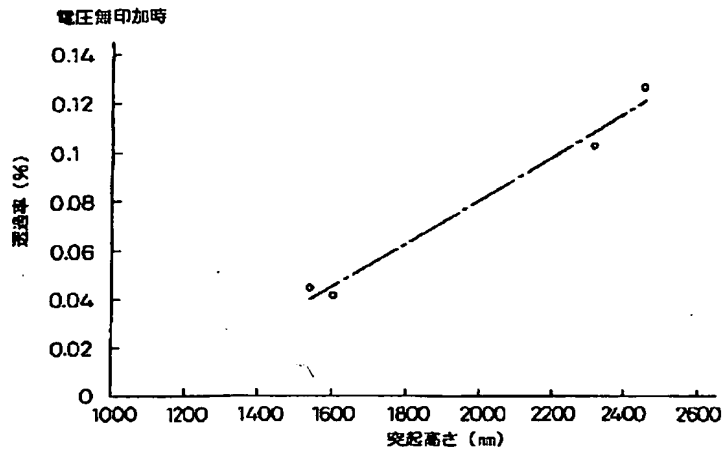


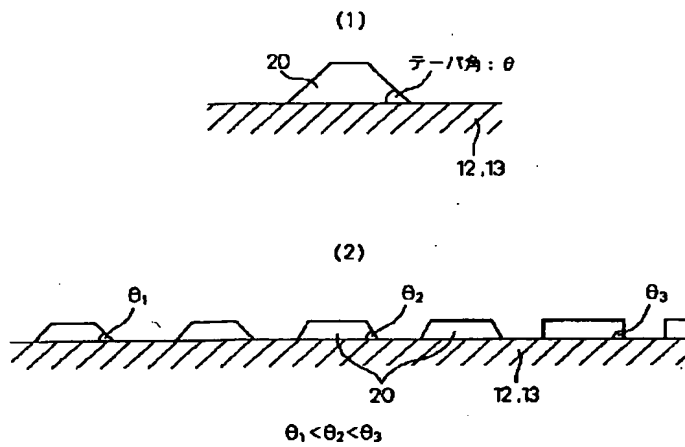
図 128

(77)

【図125】

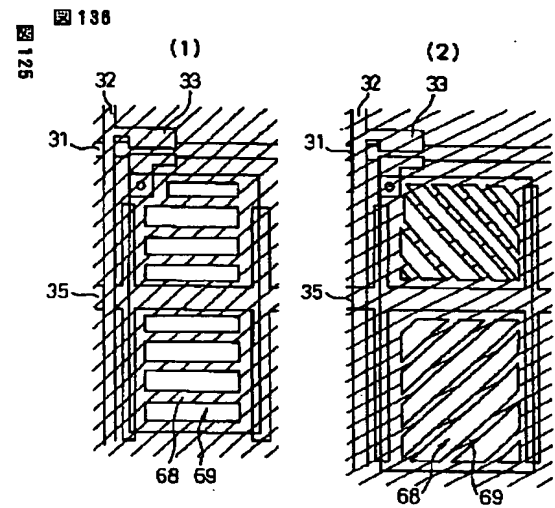


【図127】

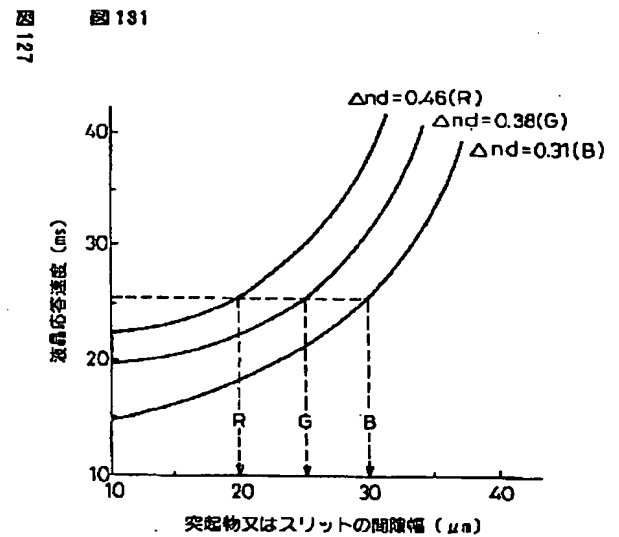


【図137】

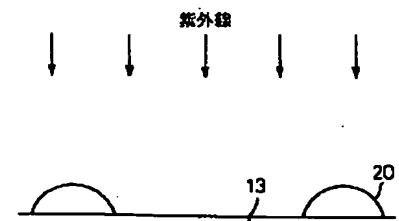
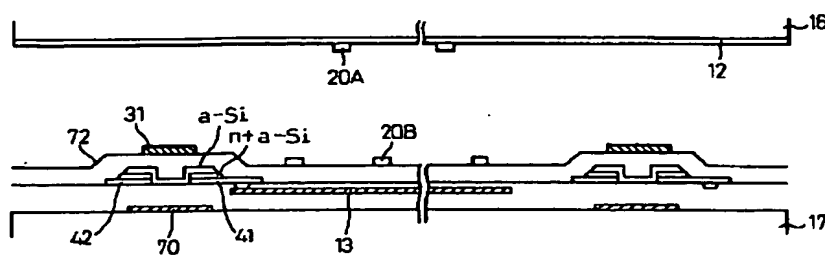
【図136】



【図131】

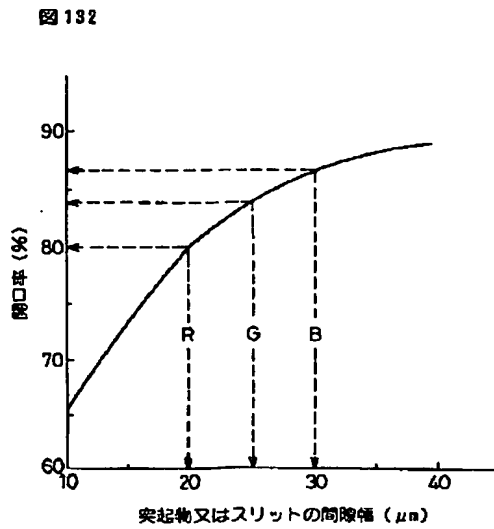


【図152】

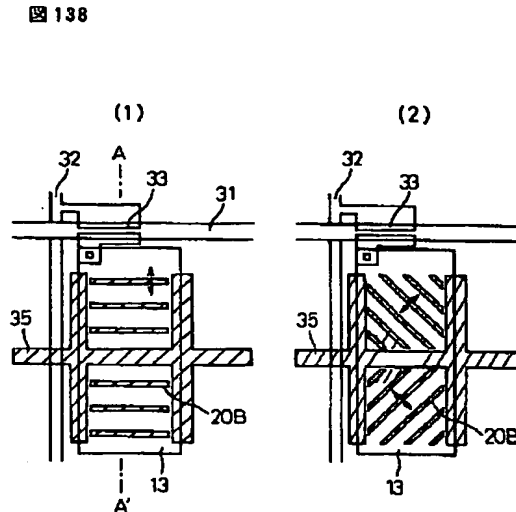


(78)

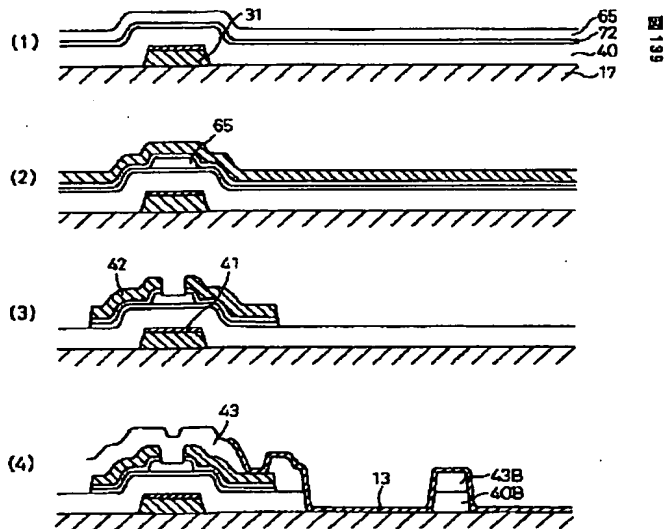
【図132】



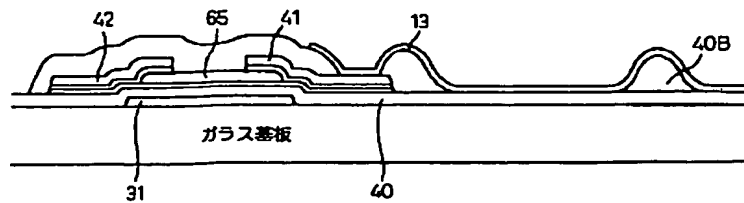
【図138】



【図139】



【図140】



【図142】

図142

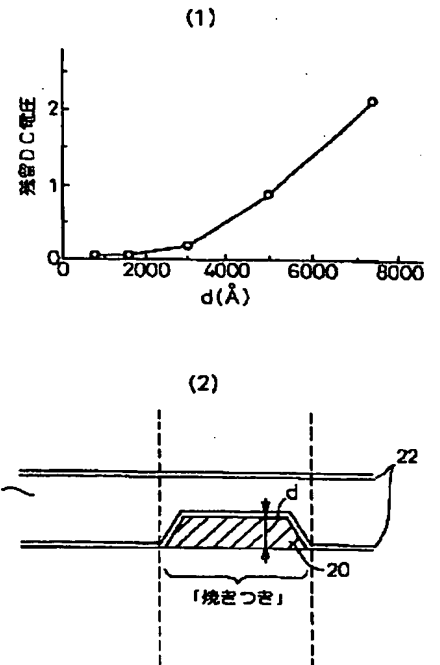
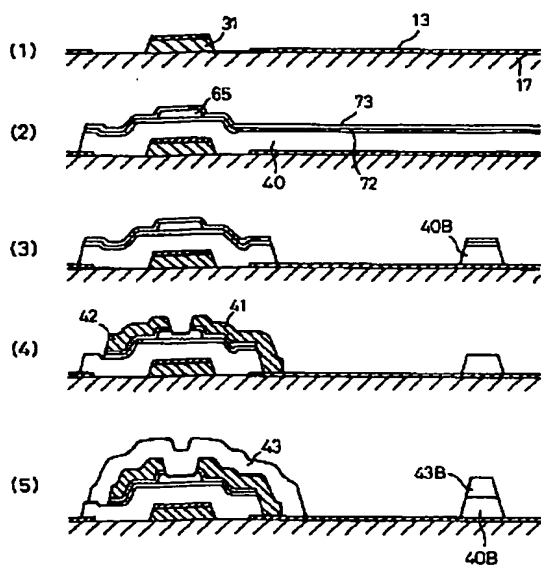


図140

(79)

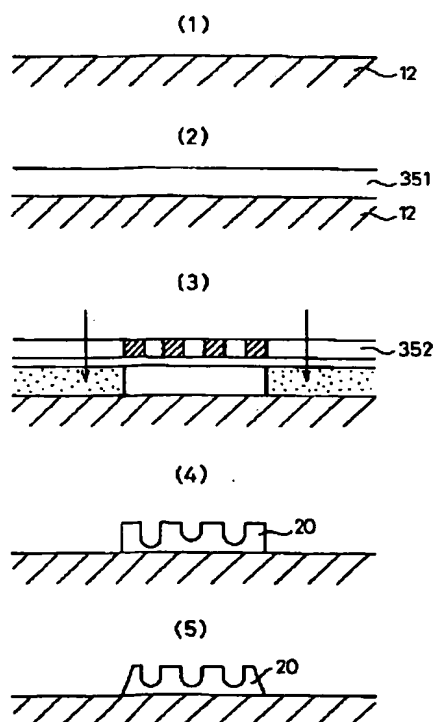
【図141】

図141



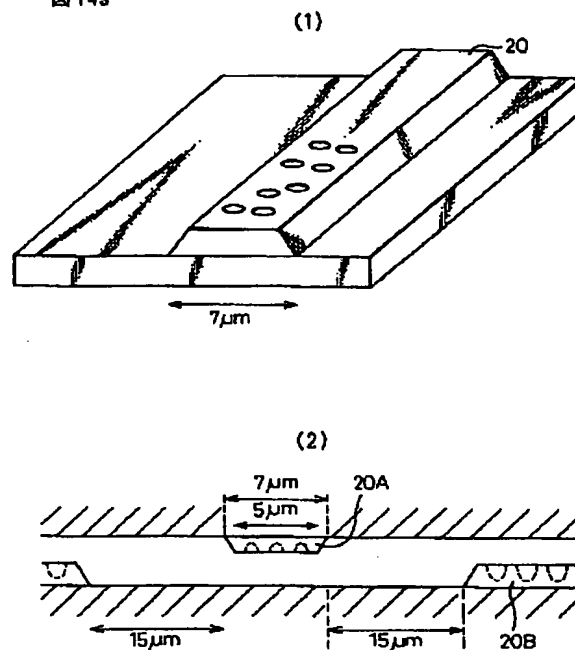
【図144】

図144



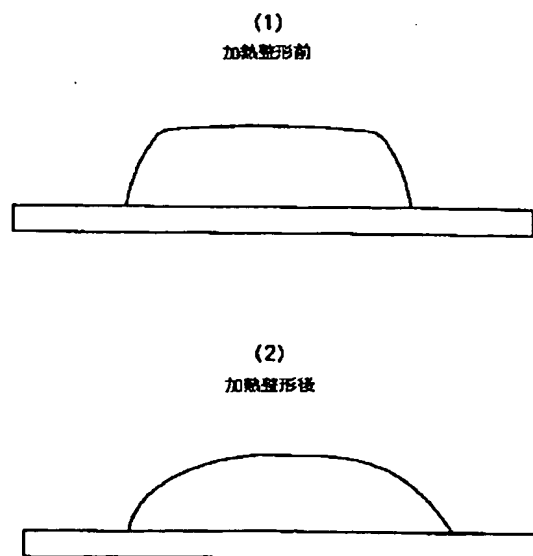
【図143】

図143



【図146】

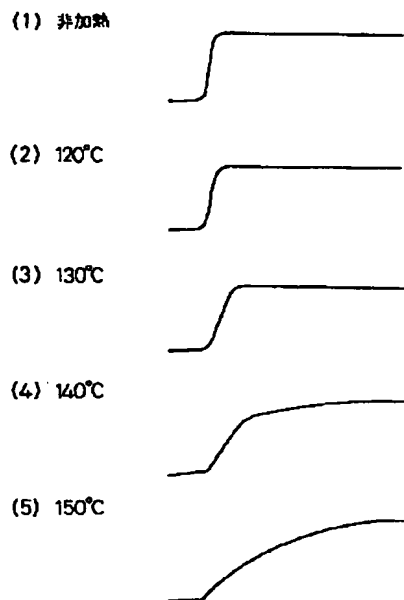
図146



(80)

【図147】

図147



【図148】

図148

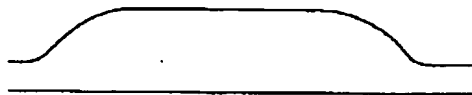
(1) 2  $\mu\text{m}$  幅



(2) 5  $\mu\text{m}$  幅

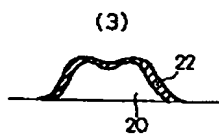
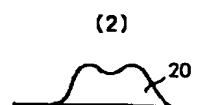
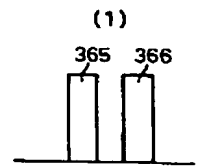


(3) 10  $\mu\text{m}$  幅



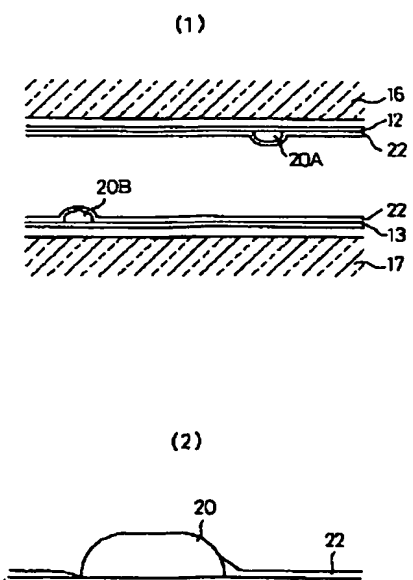
【図159】

図159



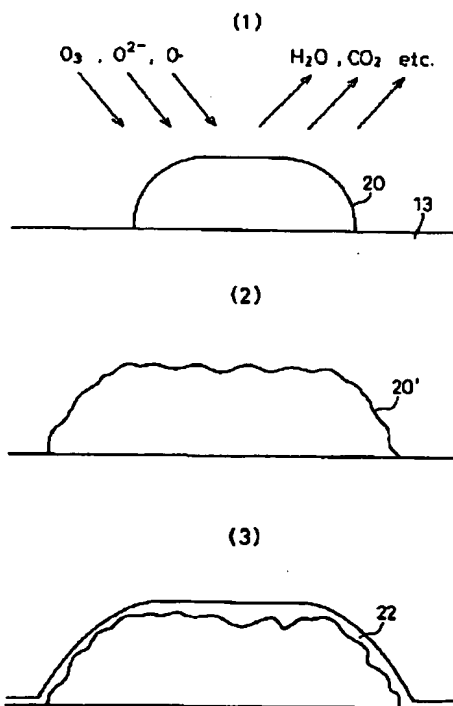
【図149】

図149



【図150】

図150

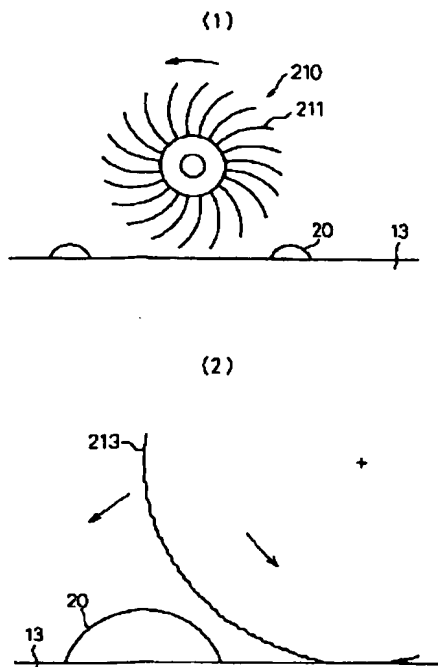




(81)

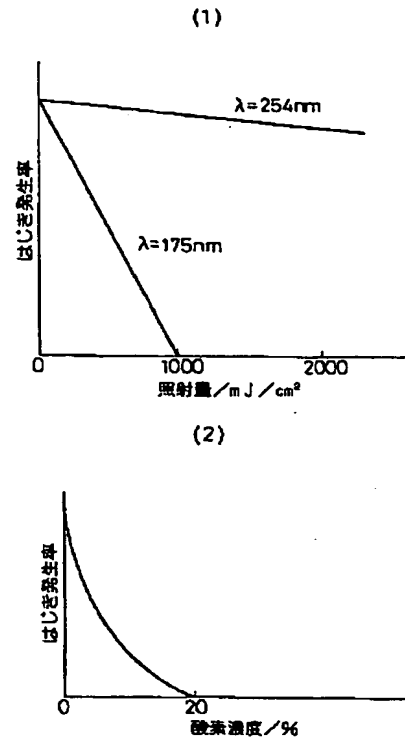
【図151】

図151



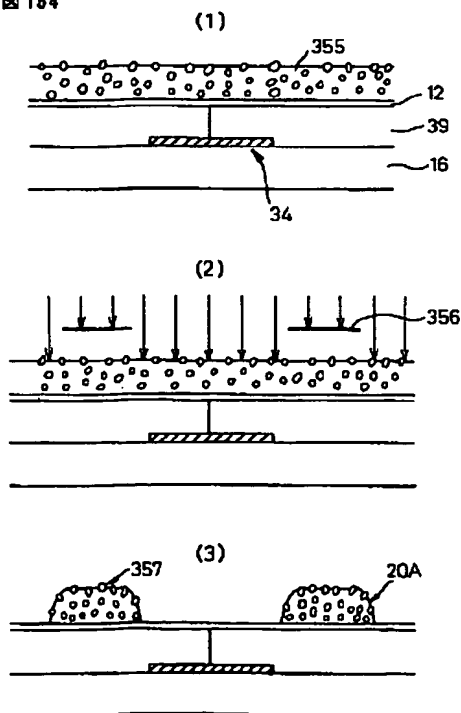
【図153】

図153



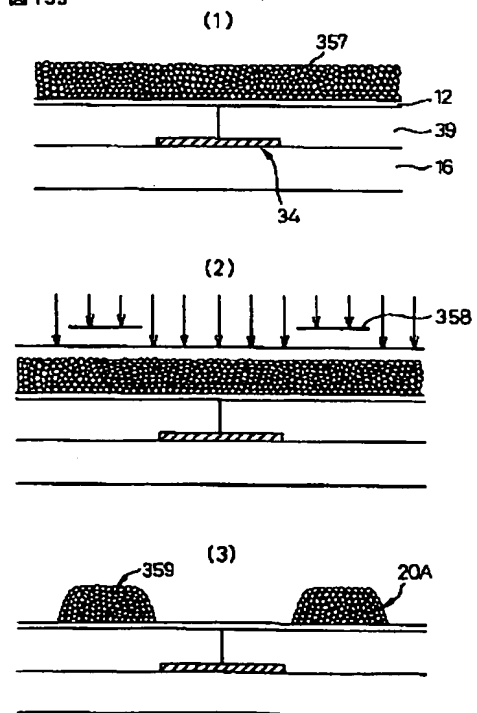
【図154】

図154



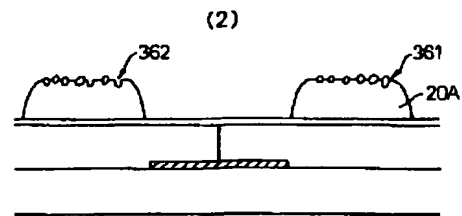
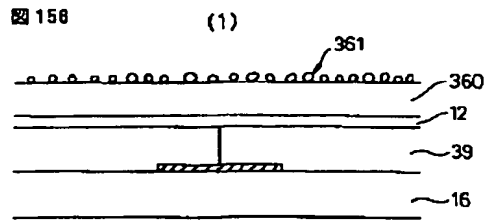
【図155】

図155

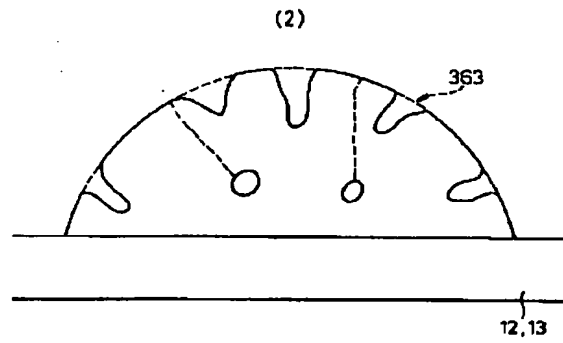
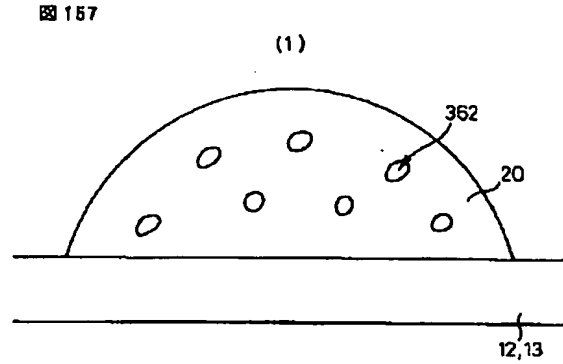


(82)

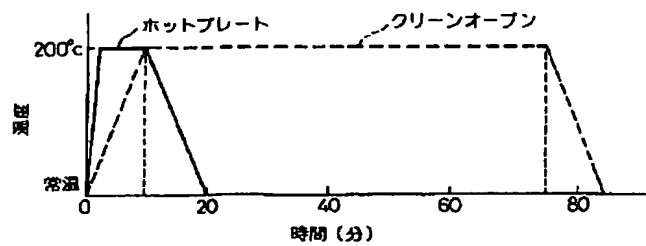
【図156】



【図157】



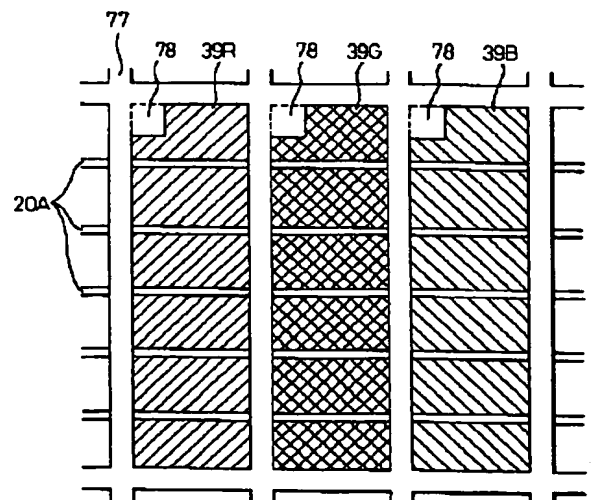
【図158】



【図162】

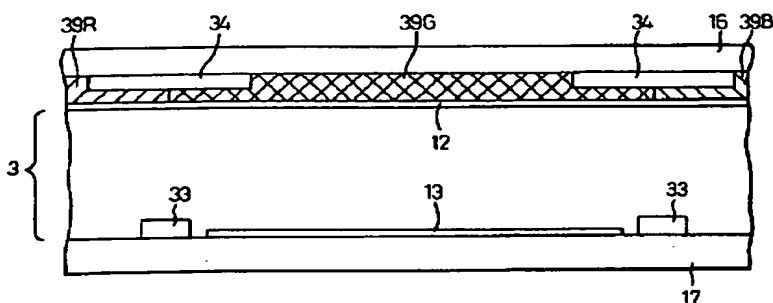
図158

図162

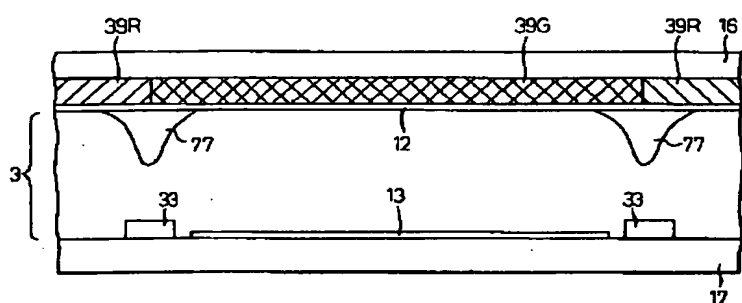


(83)

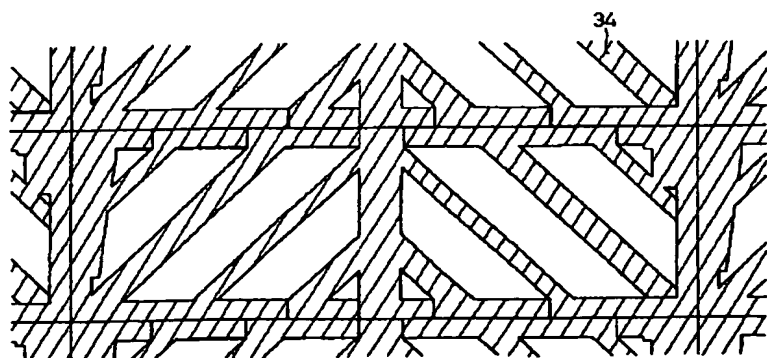
【図 160】



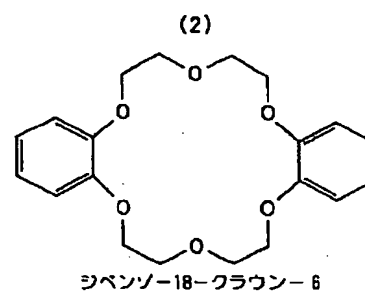
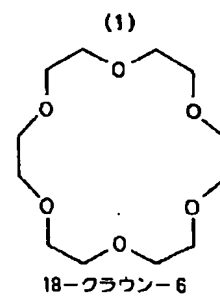
【図 161】



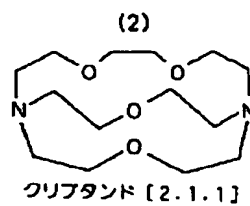
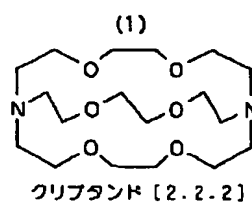
【図 163】



【図 173】

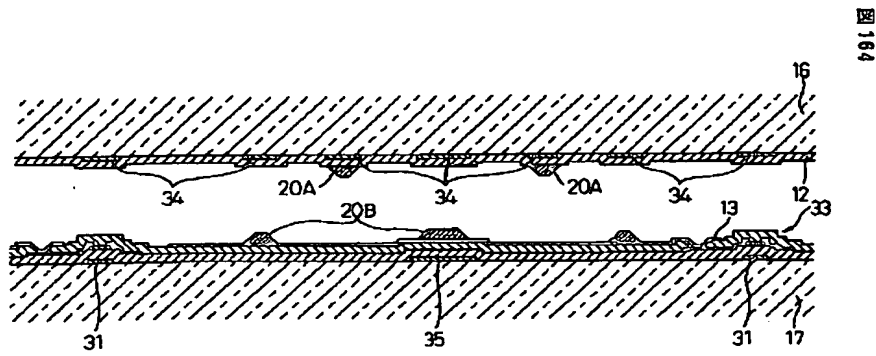


【圖 174】



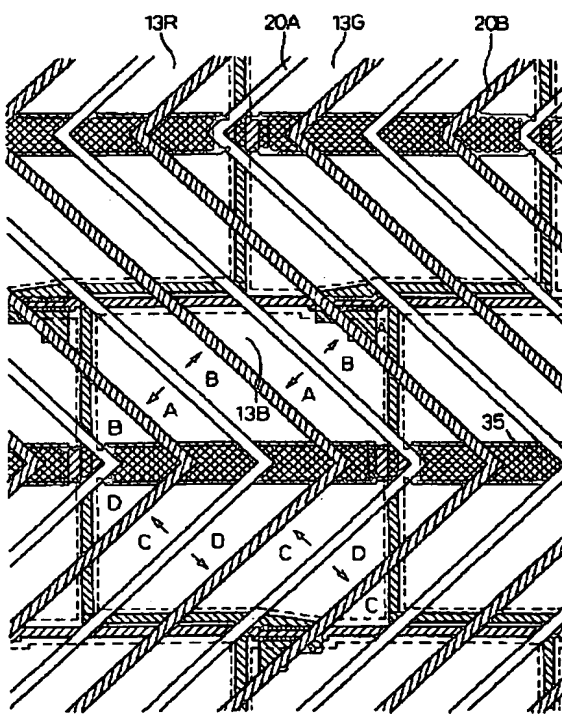
(84)

【図164】

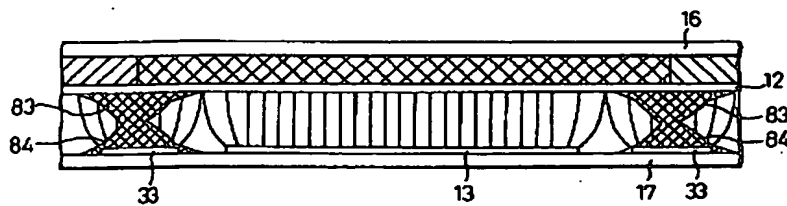


【図165】

図165

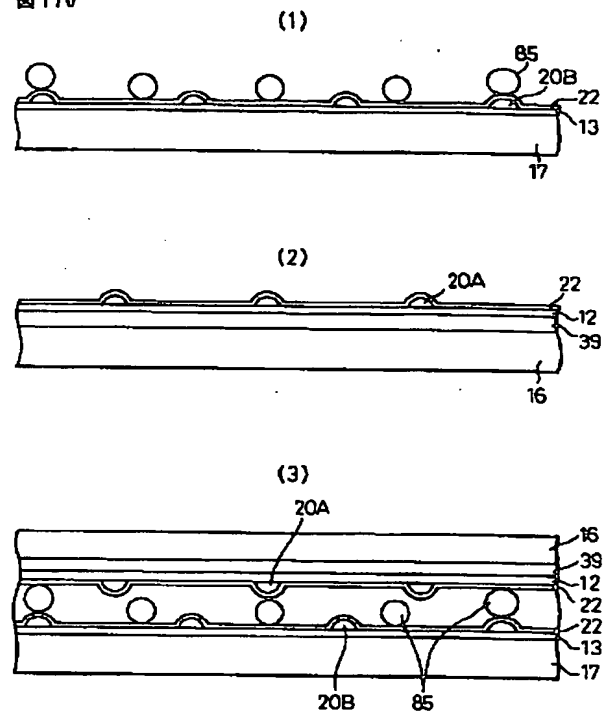


【図169】



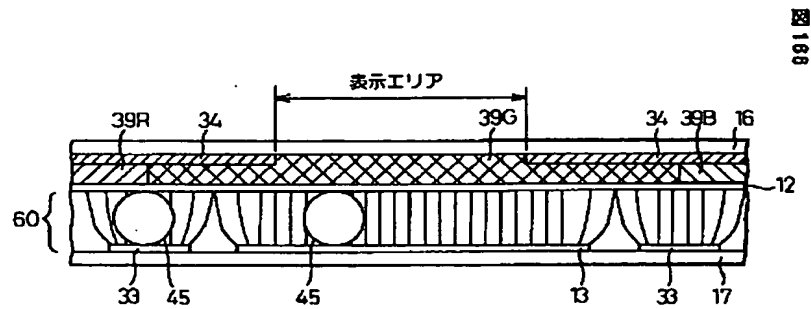
【図170】

図170

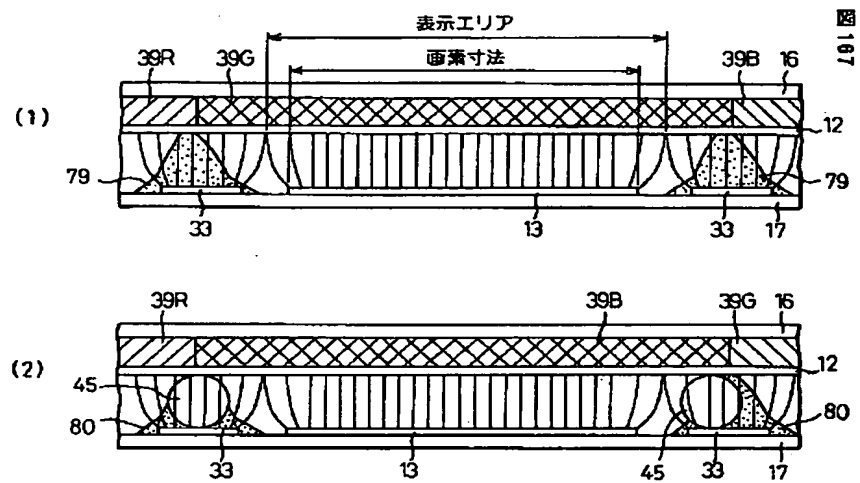


(85)

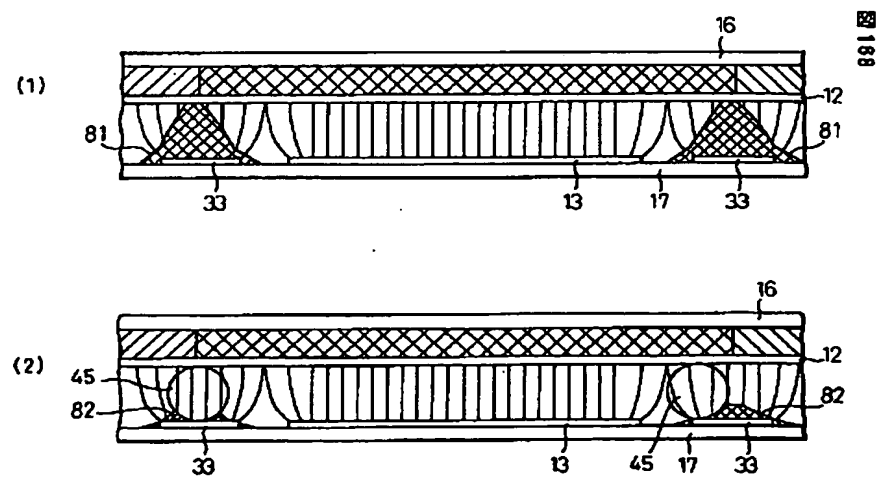
【図166】



【図167】

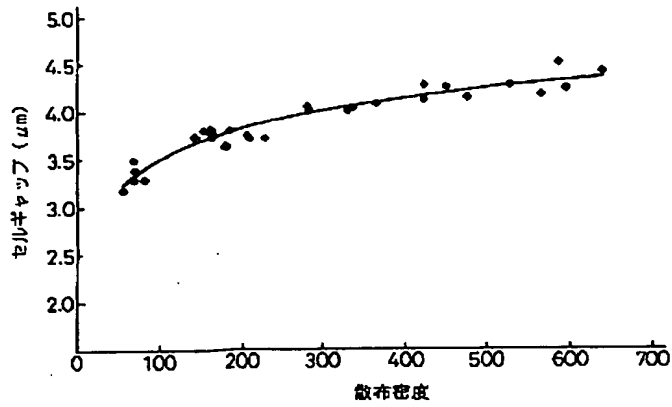


【図168】



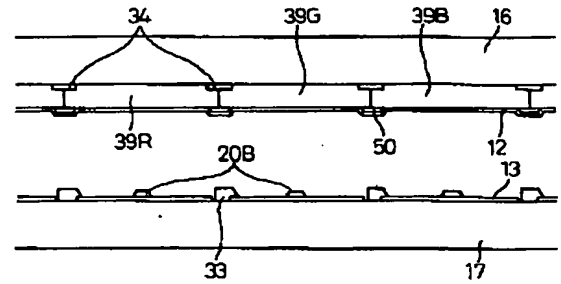
(86)

【図171】



【図176】

図 176



【図172】

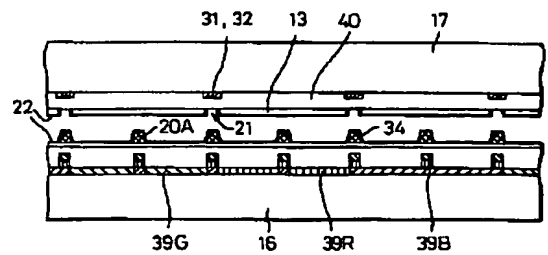
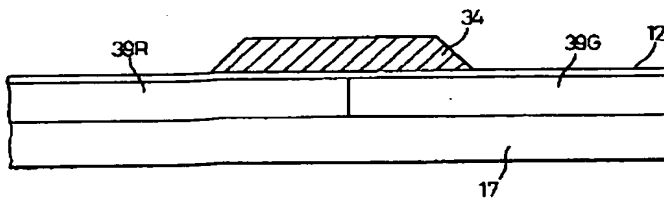
図 172

スベーサ散布密度 (個/mm <sup>2</sup> )	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
加圧によるムラ	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
引っ張りによるムラ	無	無	無	無	無	無	有	有	有	有	有

【図180】

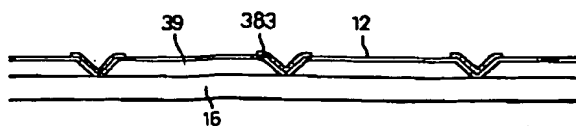
【図185】

図 185



【図192】

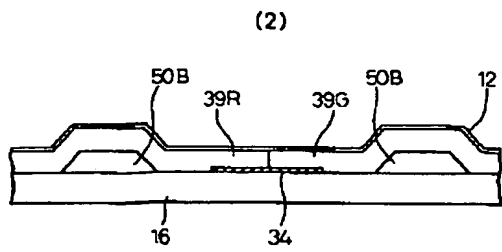
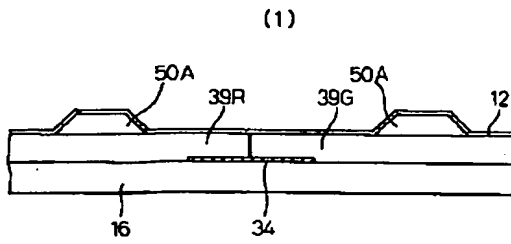
図 192



(87)

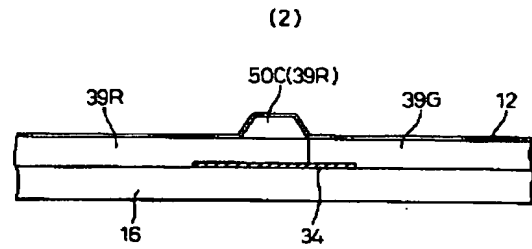
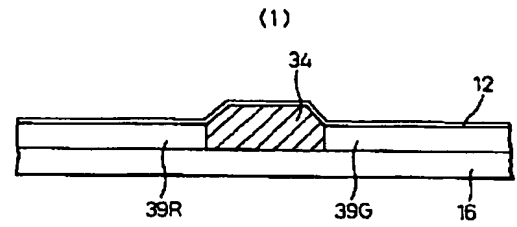
【図175】

図176



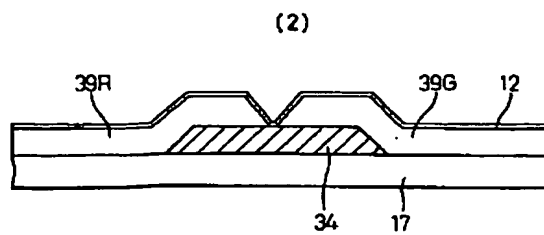
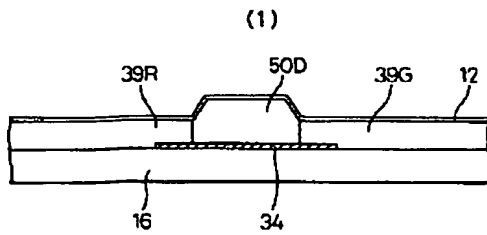
【図177】

図177



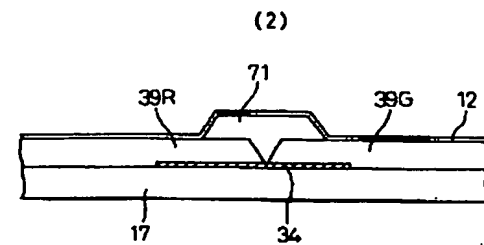
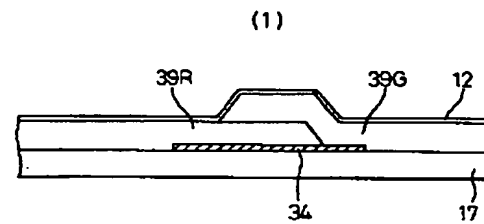
【図178】

図178



【図179】

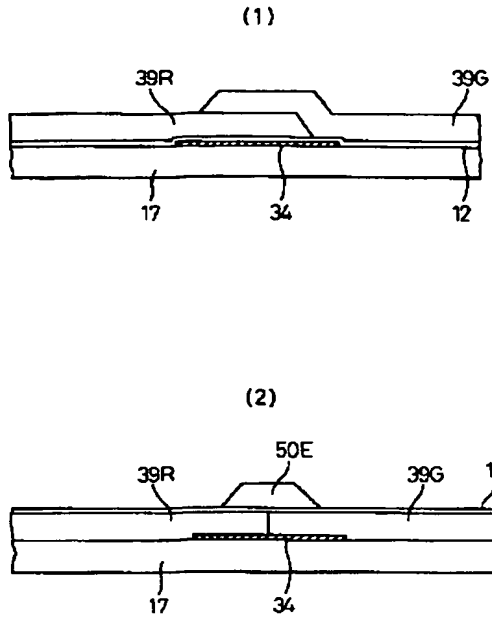
図179



(88)

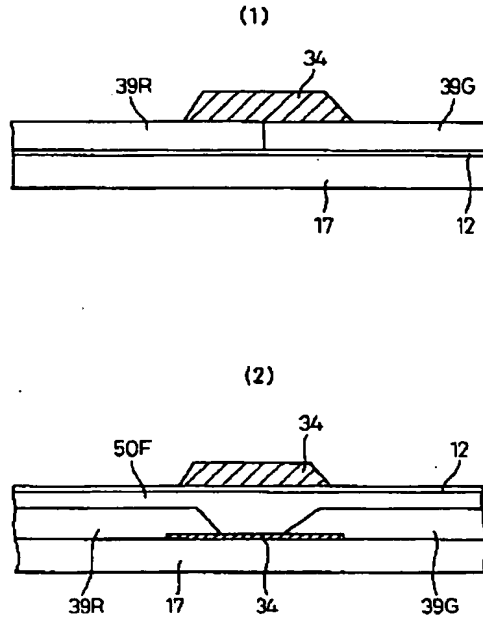
【図181】

図181



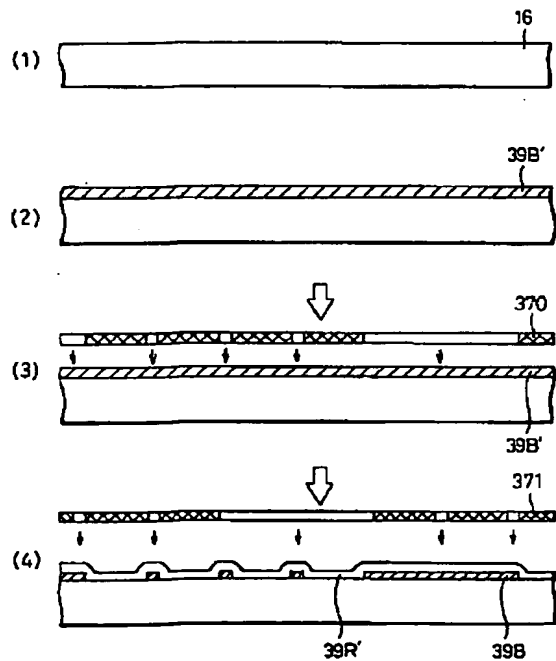
【図182】

図182



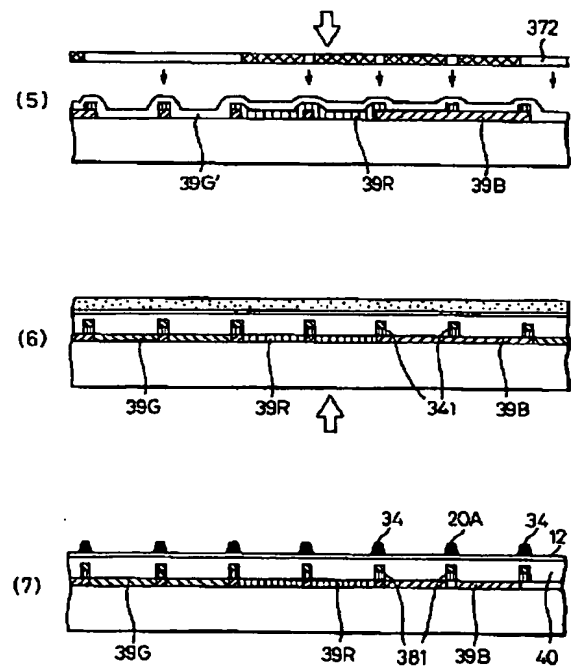
【図183】

図183



【図184】

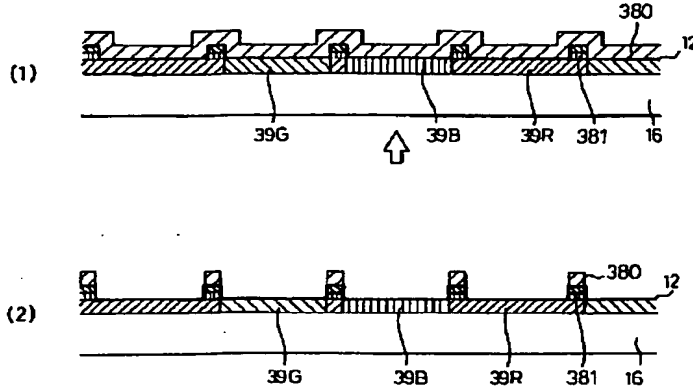
図184



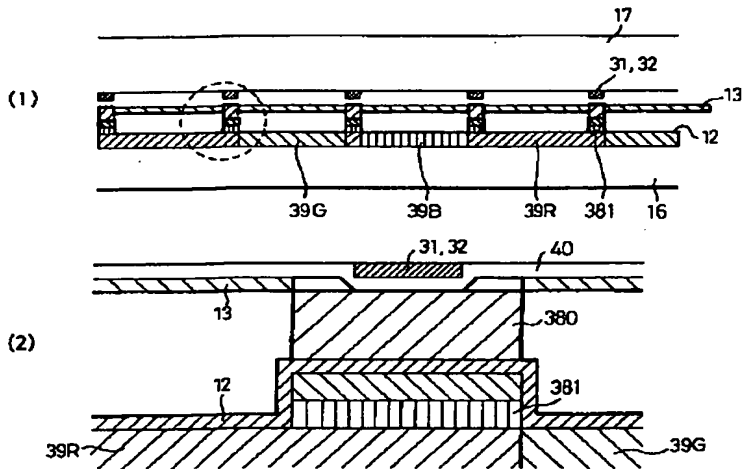


(89)

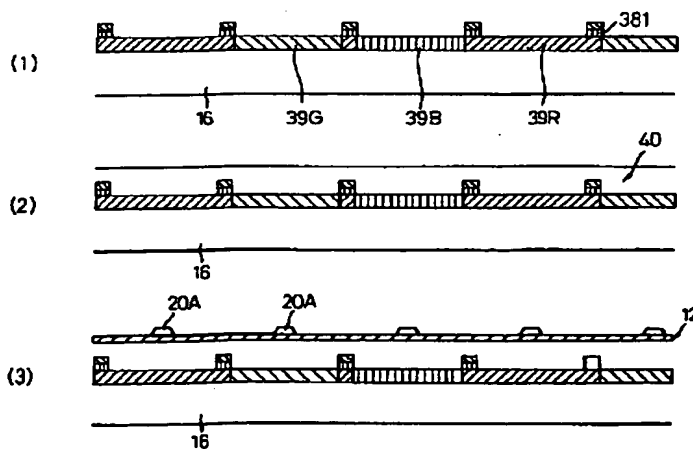
【図186】



【図187】

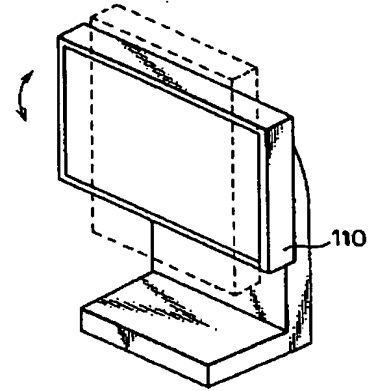


【図188】



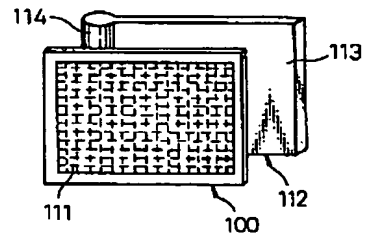
【図197】

図 197  
図 188



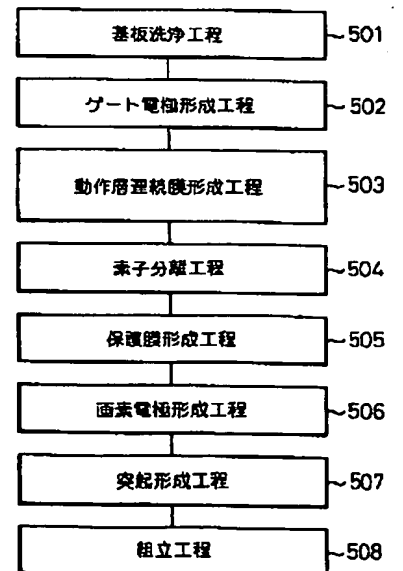
【図198】

図 198  
図 187



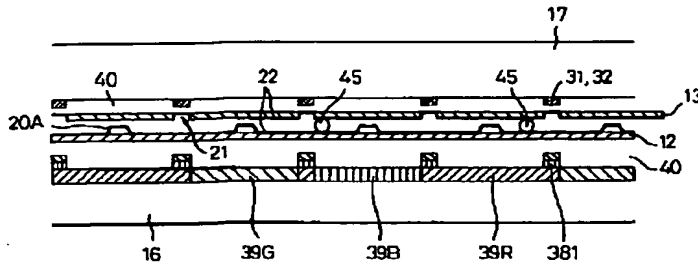
【図200】

図 200

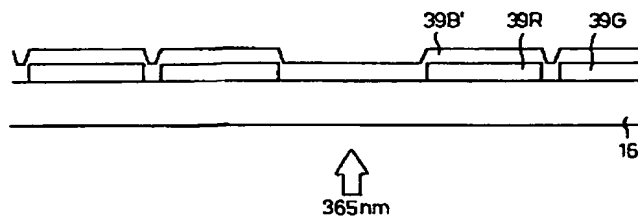


(90)

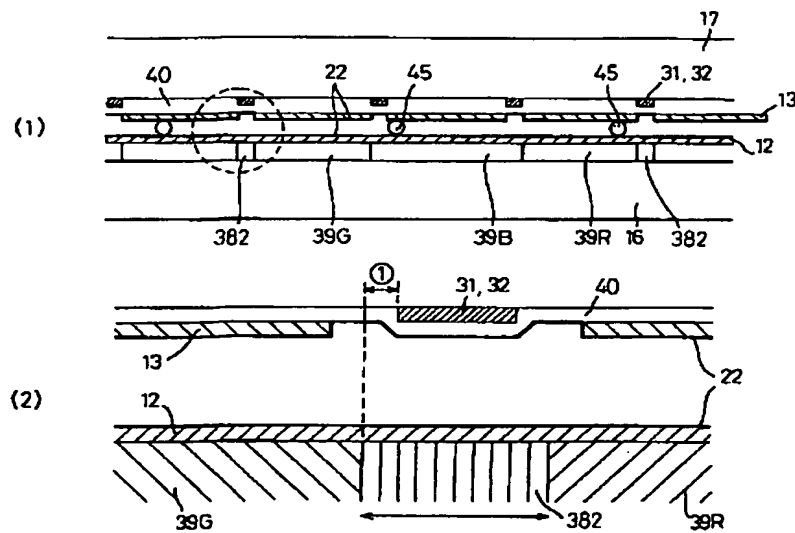
【図189】



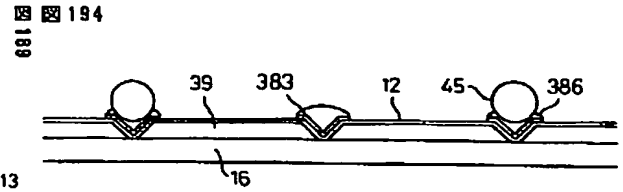
【図190】



【図191】

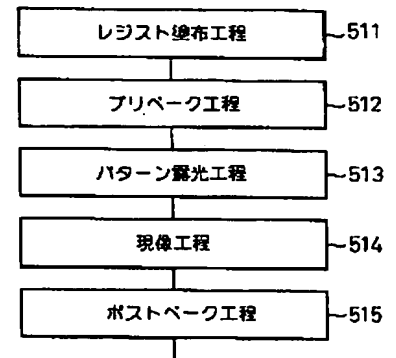


【図194】

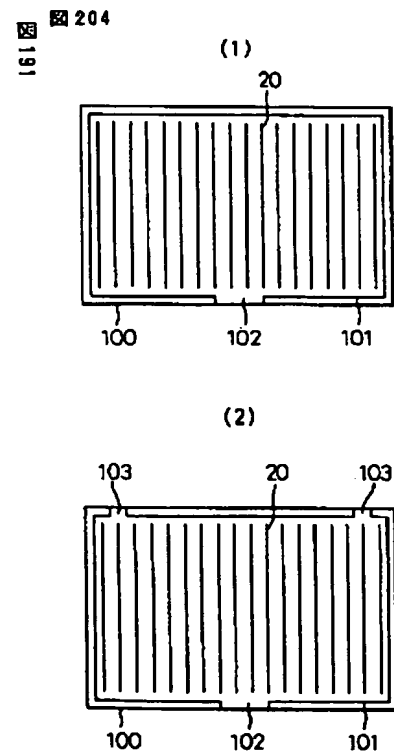


【図201】

図201



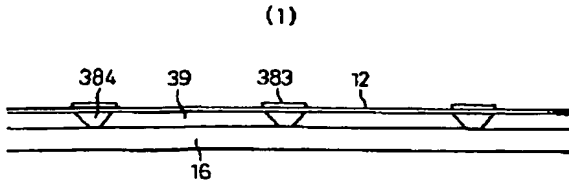
【図204】



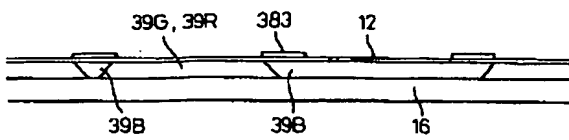
(91)

【図193】

図193

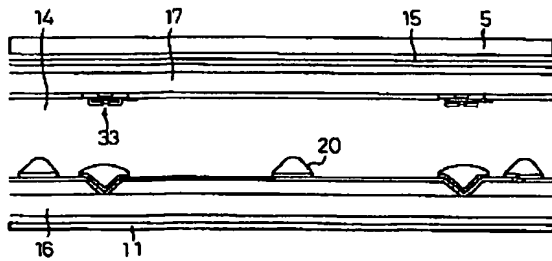


(2)



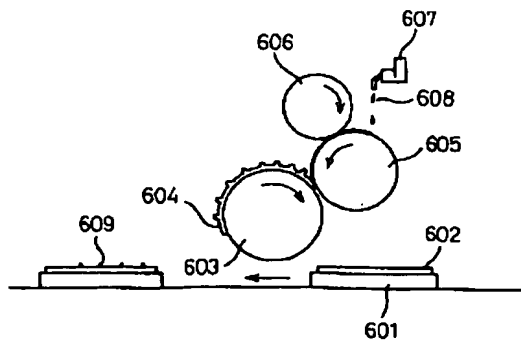
【図196】

図196



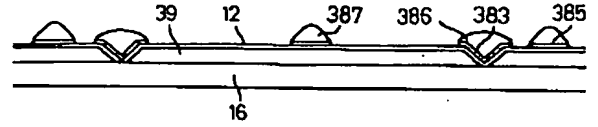
【図202】

図202



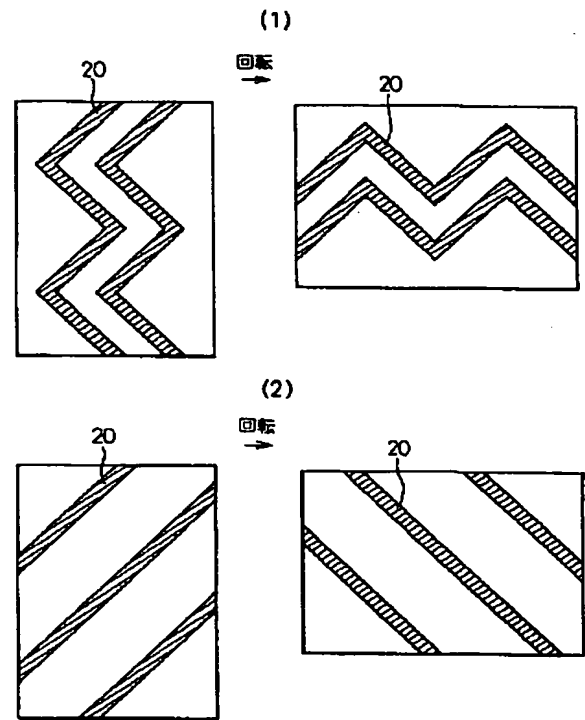
【図195】

図195



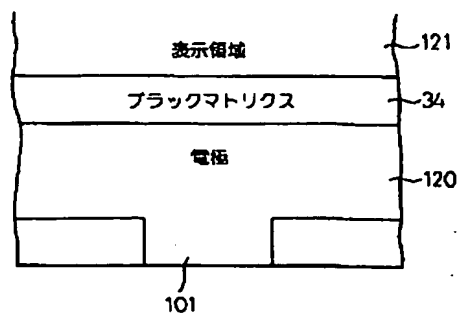
【図199】

図199



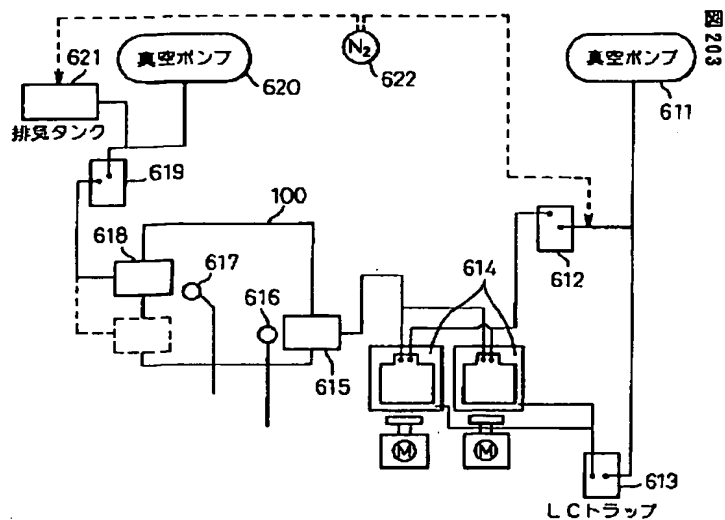
【図207】

図207



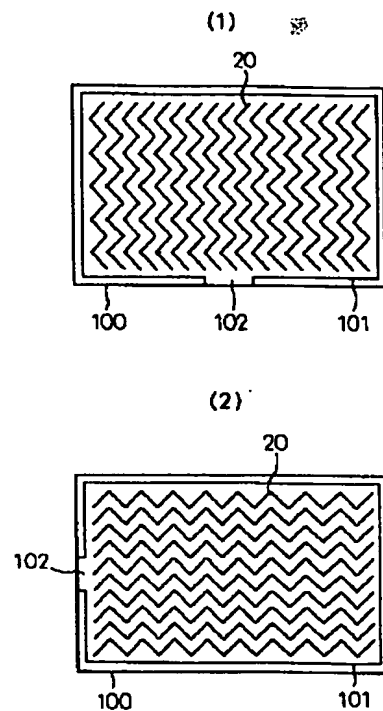
(92)

【図203】



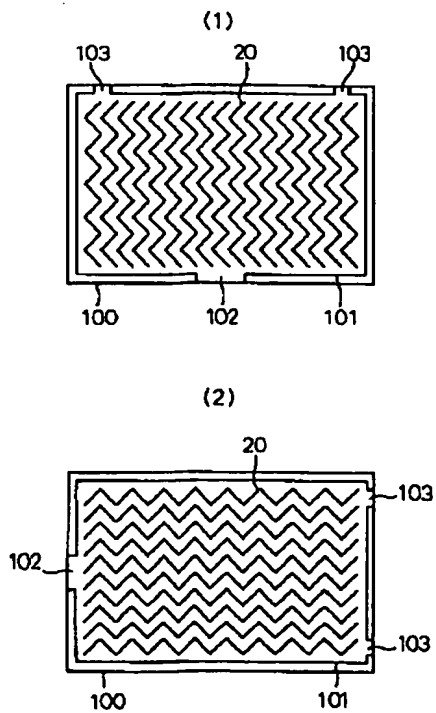
【図205】

図 205



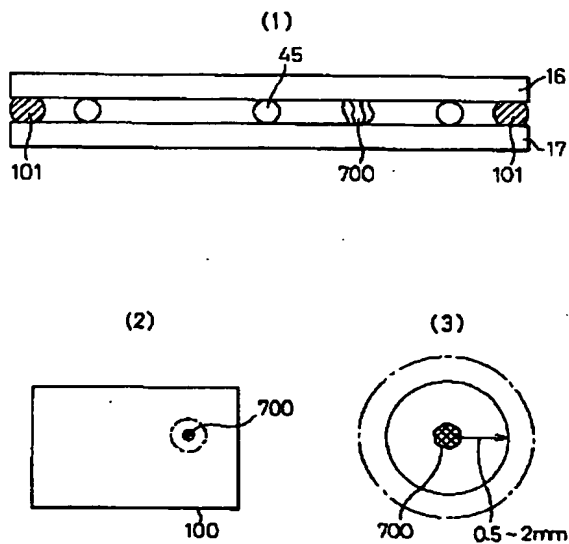
【図206】

図 206



【図208】

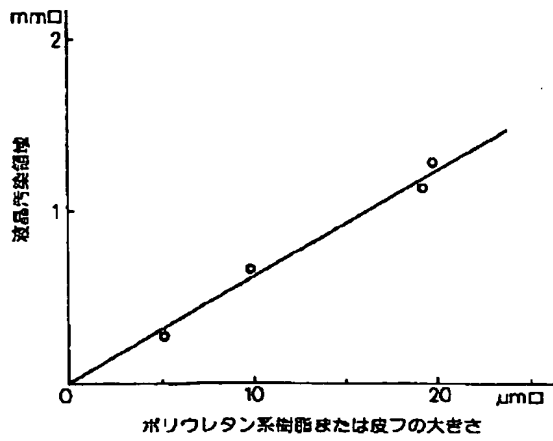
図 208



(93)

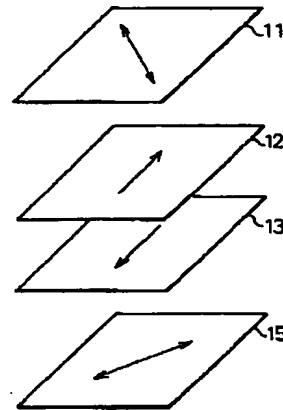
【図209】

図209

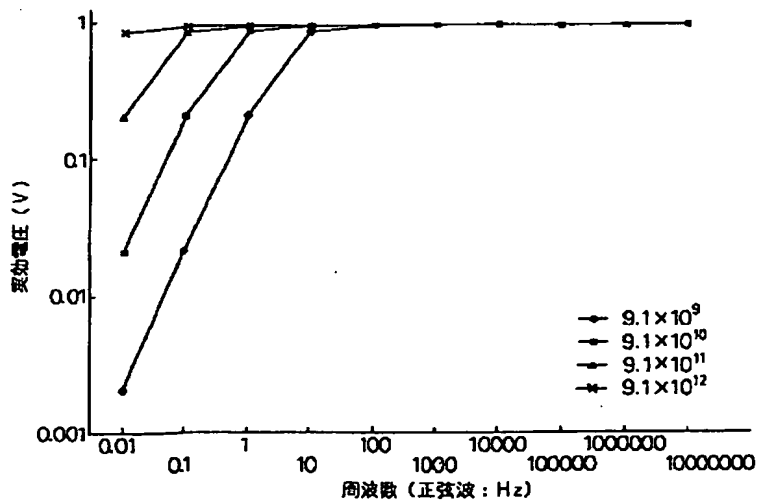


【図213】

図213

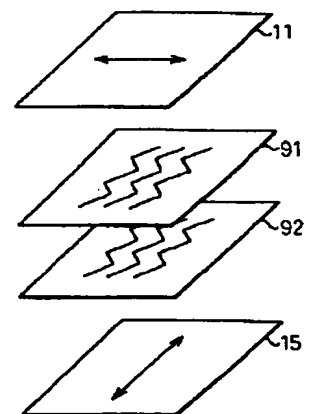


【図210】



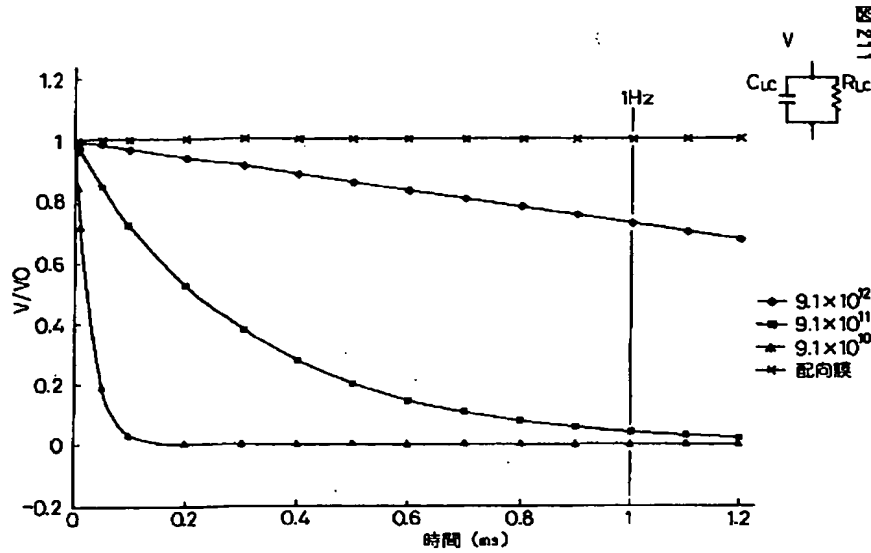
【図216】

図216

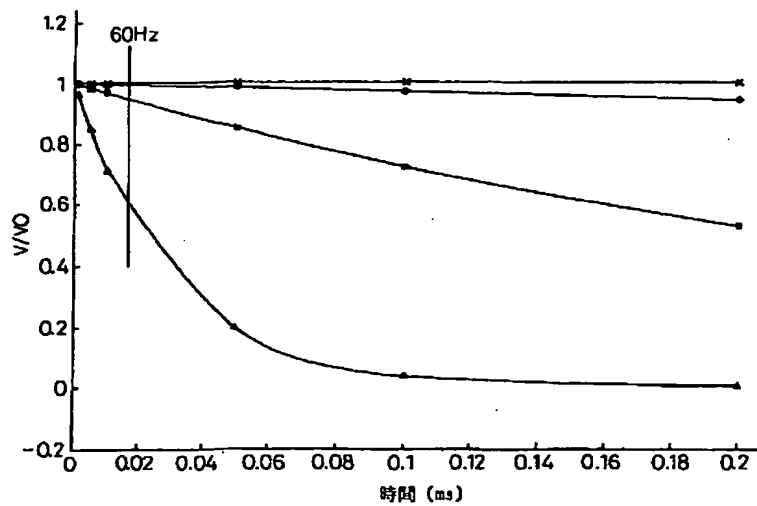


(94)

【図211】

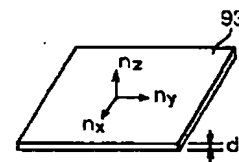


【図212】



【図219】

図219

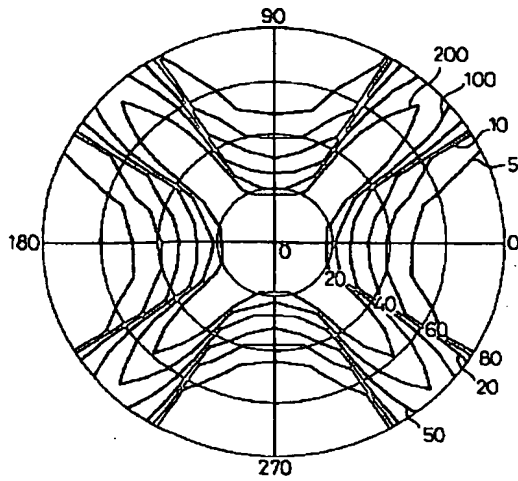


一般条件	$n_x, n_y \geq n_z$
正の一軸性フィルム	$n_x > n_y = n_z$
負の一軸性フィルム	$n_x = n_y > n_z$
2軸性フィルム (遅相軸がX方向)	$n_x > n_y > n_z$
面内方向の リタレーション	$R = (n_x - n_y)d$
厚さ方向の リタレーション	$R = \left( \frac{n_x + n_y}{2} - n_z \right) d$

(95)

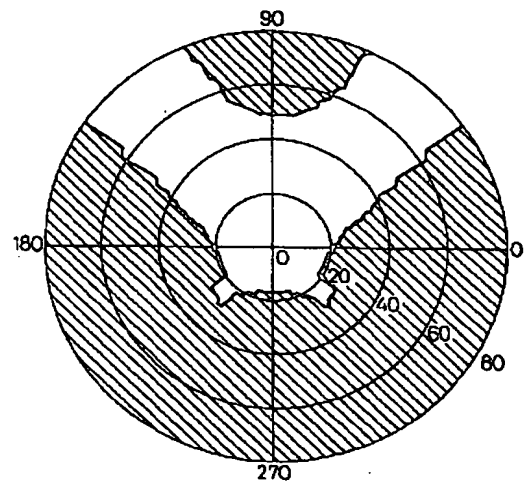
【図214】

図214



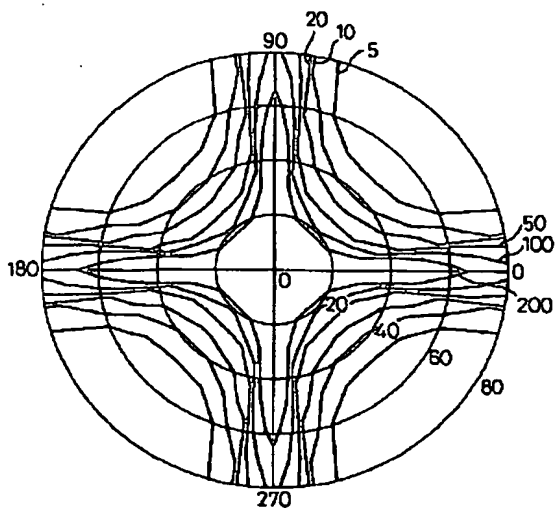
【図215】

図215



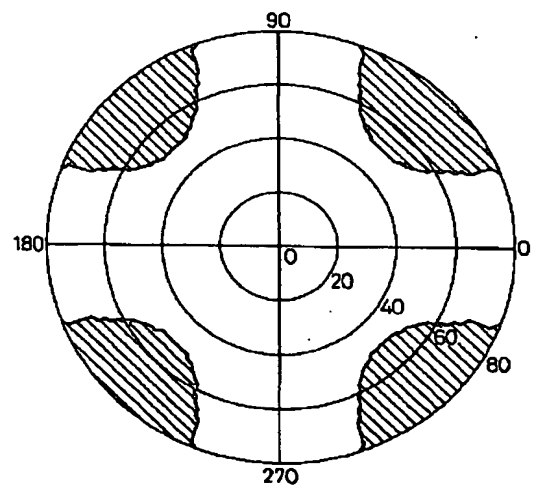
【図217】

図217



【図218】

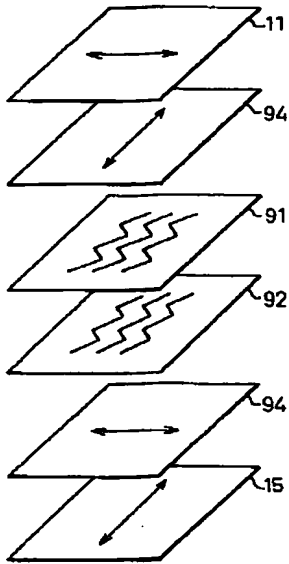
図218



(96)

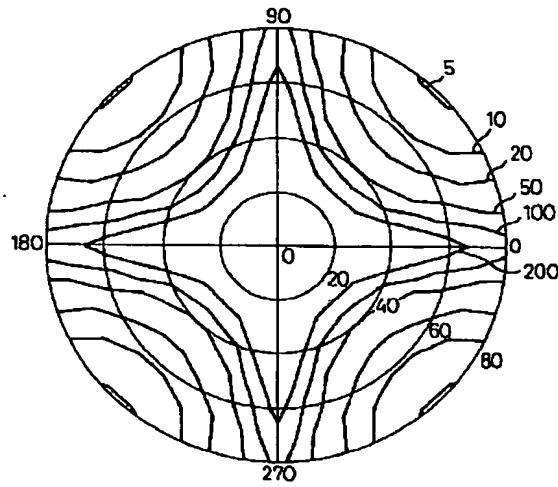
【図220】

図220



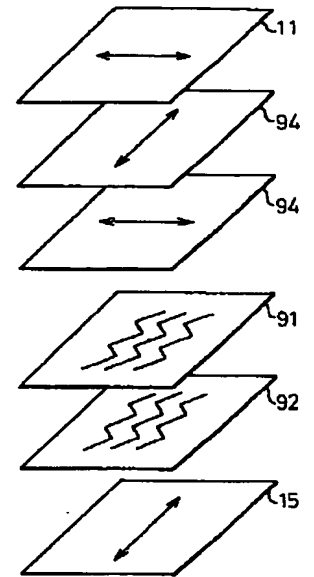
【図221】

図221



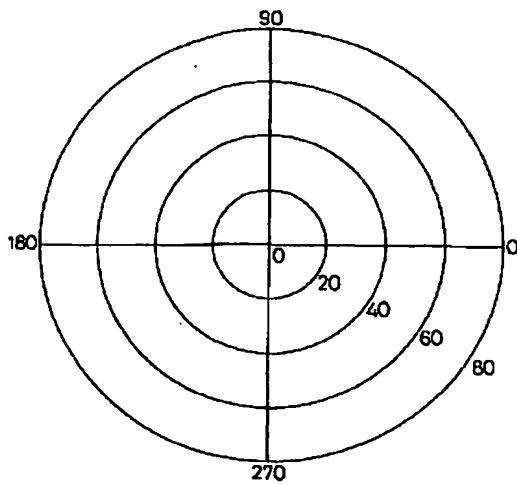
【図224】

図224



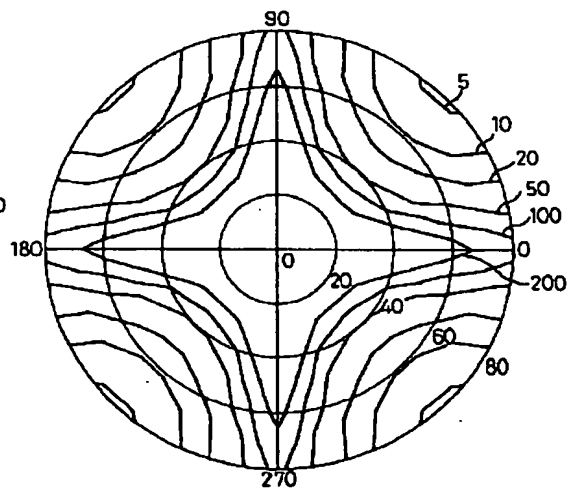
【図222】

図222



【図225】

図225





(97)

【図223】

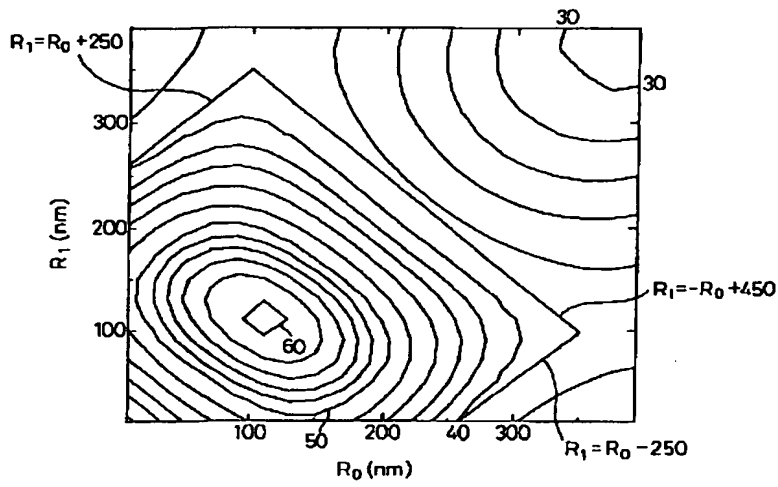


図223

【図226】

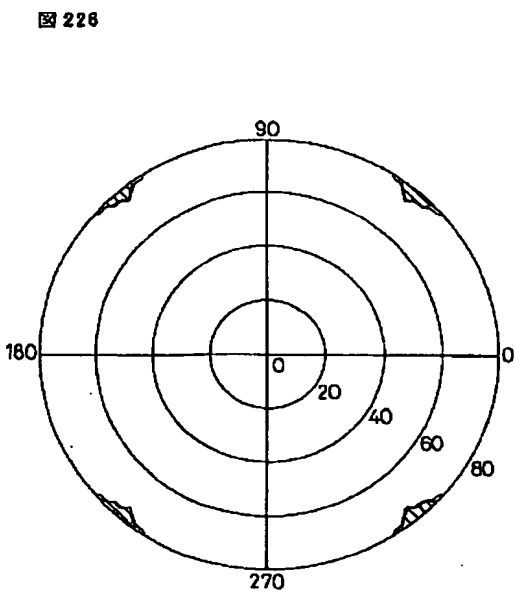


図226

【図227】

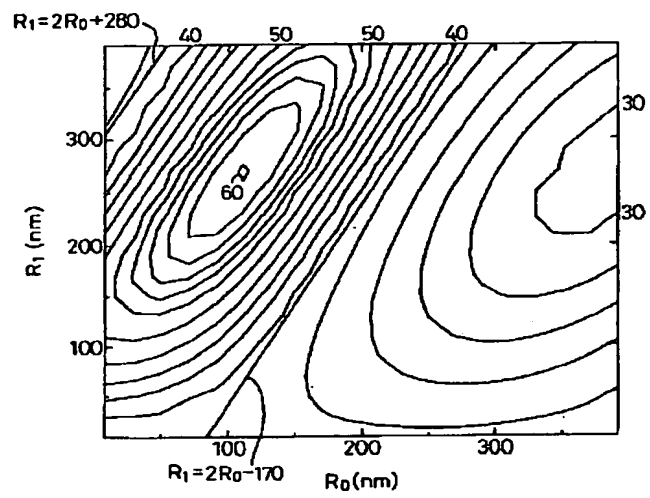


図227

【図230】

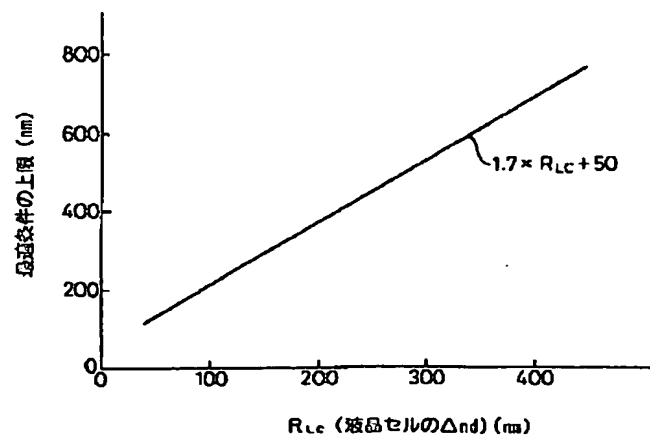
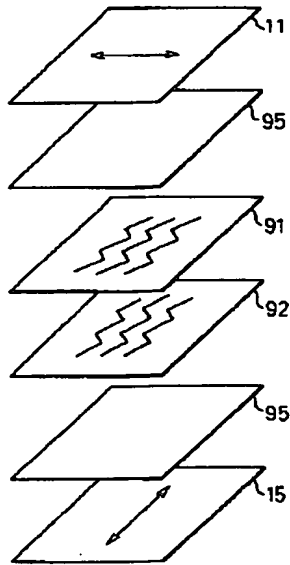


図230

(98)

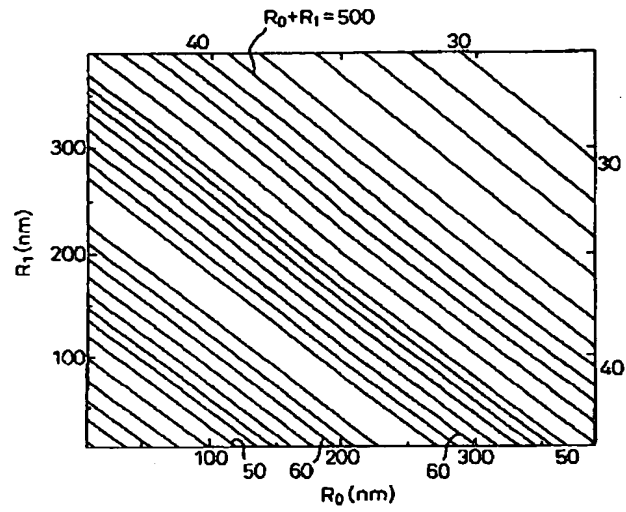
【図228】

図228



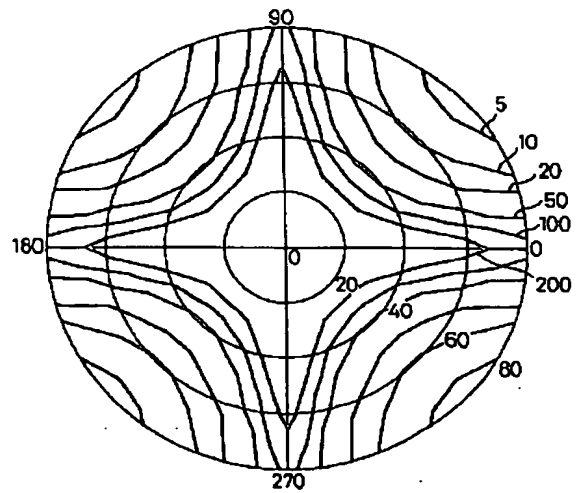
【図229】

図229



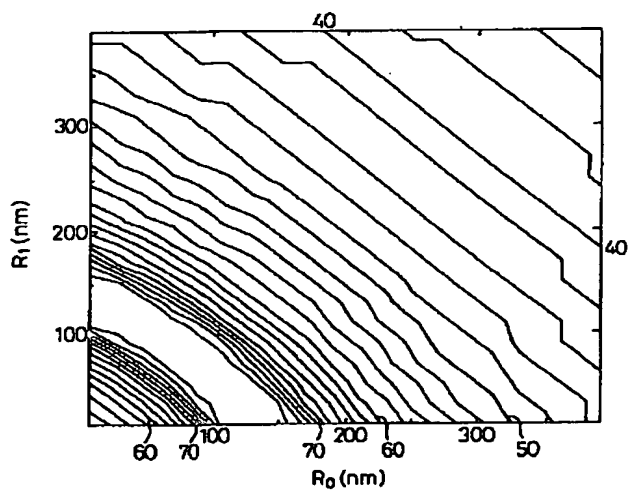
【図233】

図233



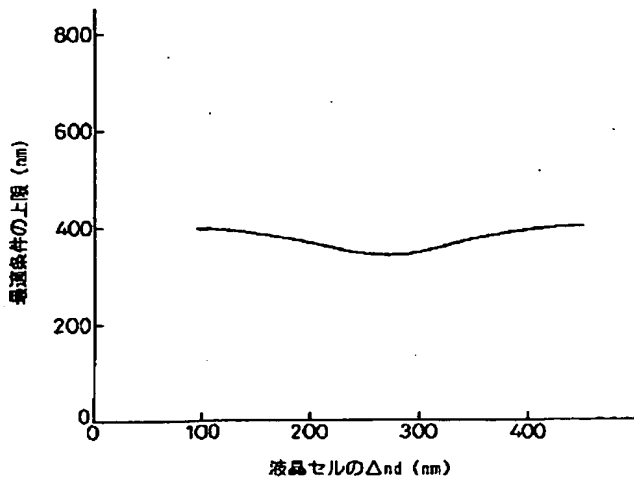
【図231】

図231



(99)

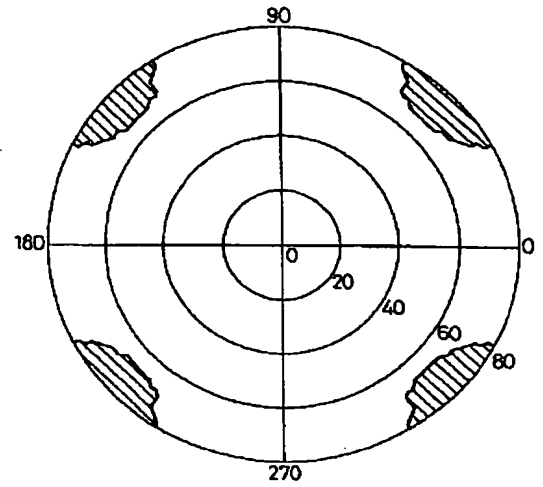
【図232】



【図234】

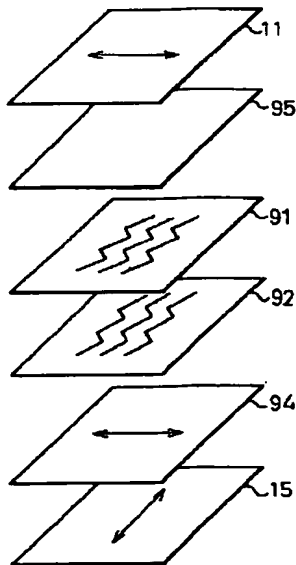
図232

図234



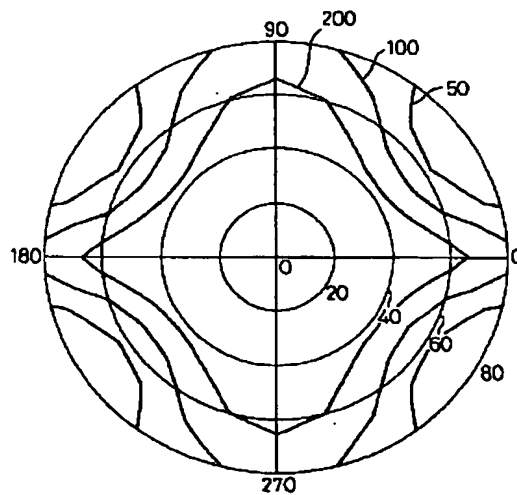
【図235】

図235



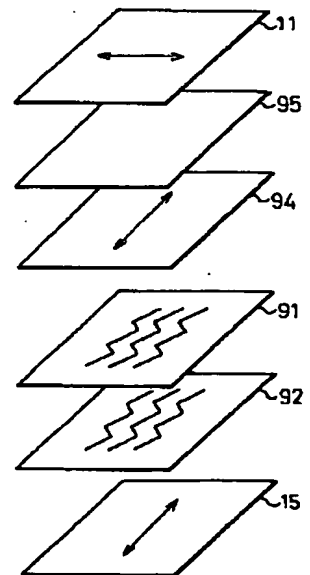
【図236】

図236



【図239】

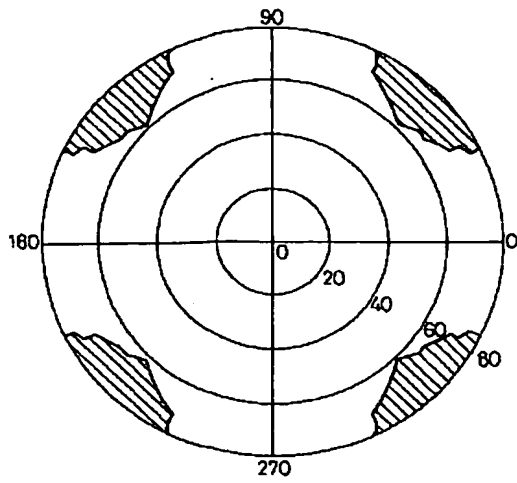
図239



(100)

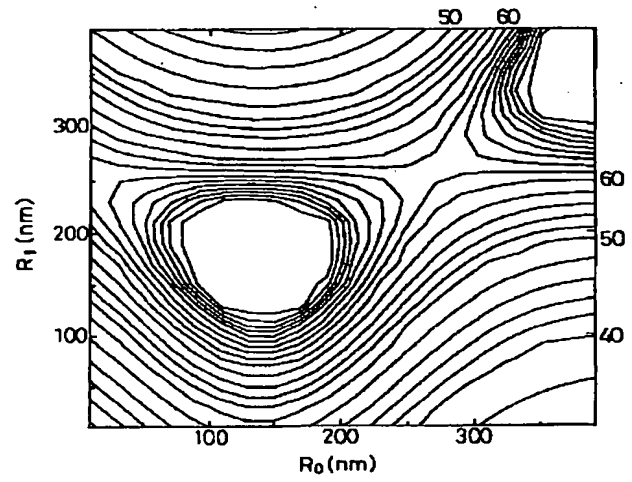
【図237】

図237



【図238】

図238

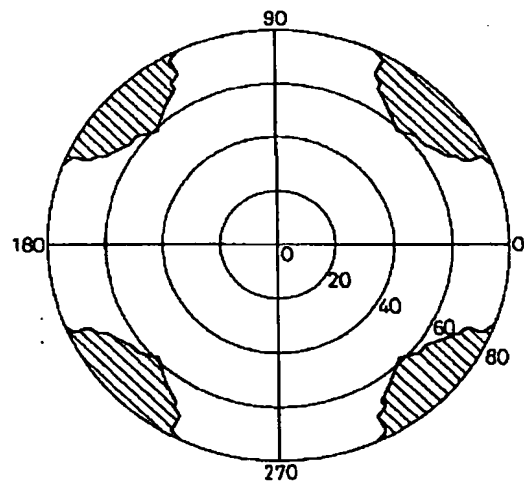
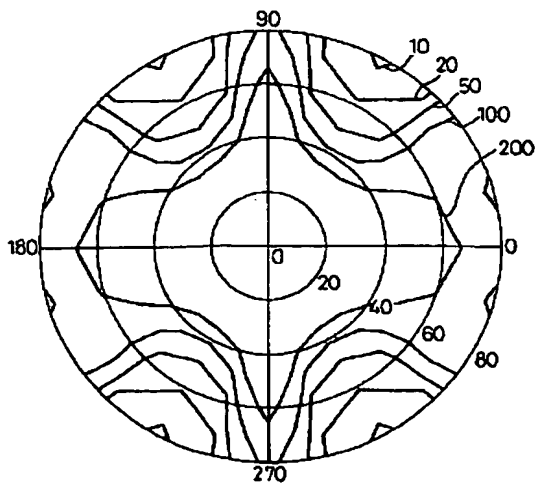


【図241】

図241

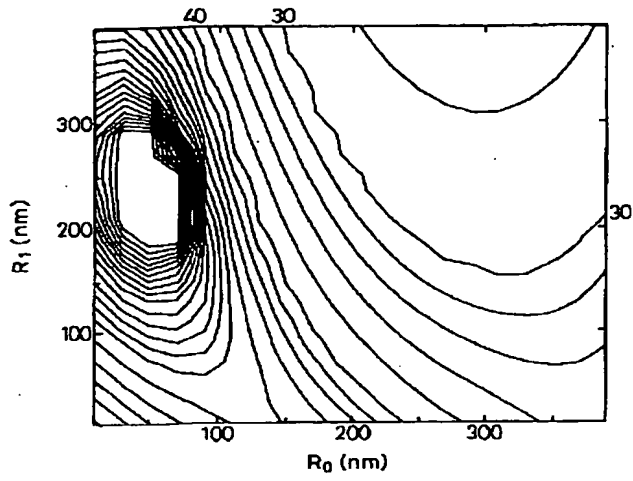
【図240】

図240



(101)

【図242】



【図243】

図243

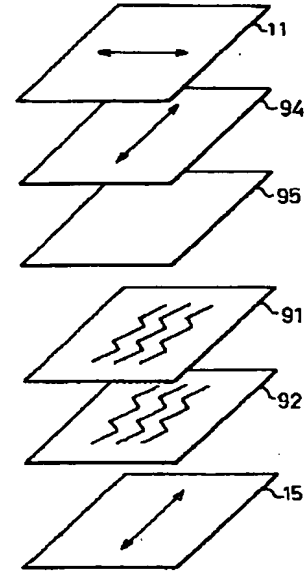
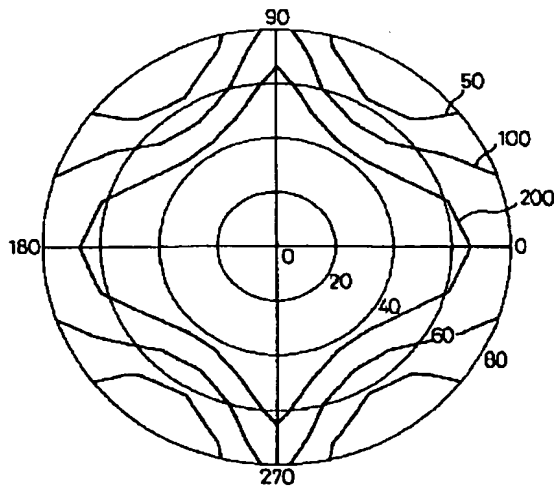


図242

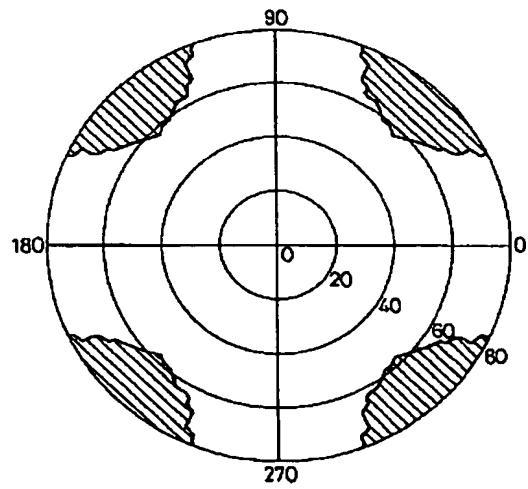
【図244】

図244



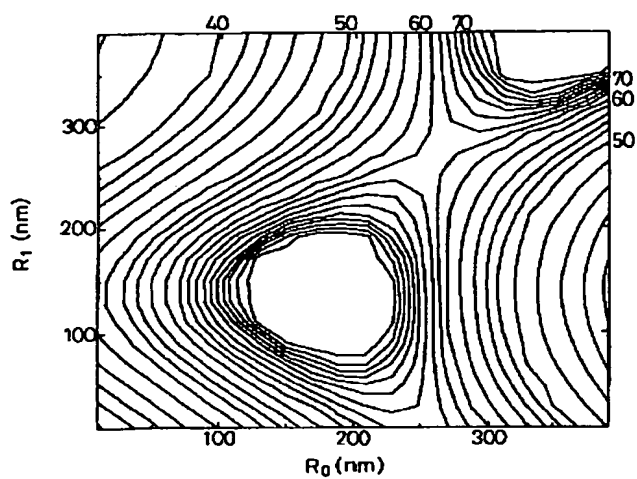
【図245】

図245



(102)

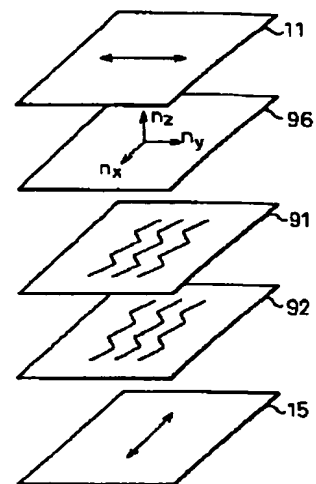
【図246】



【図247】

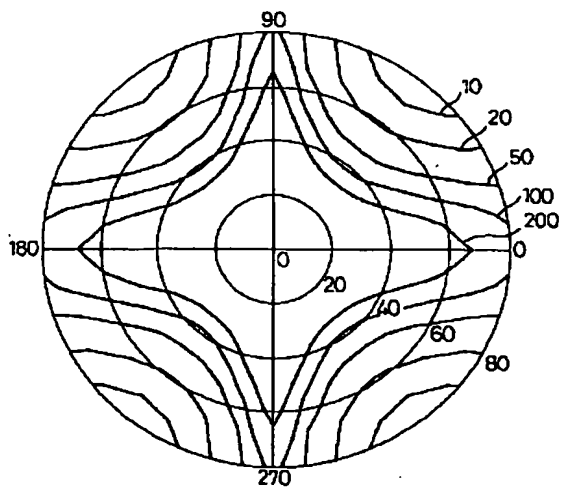
図246

図247



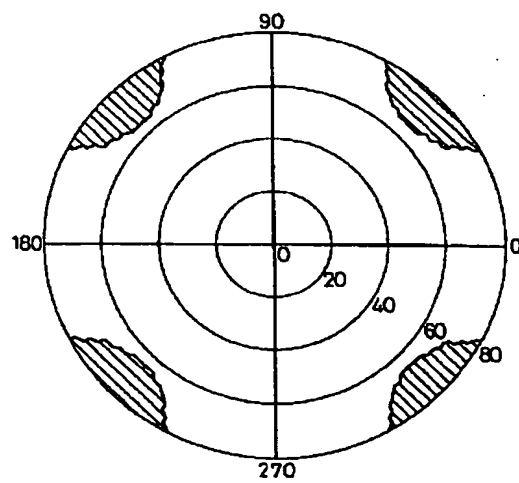
【図248】

図248

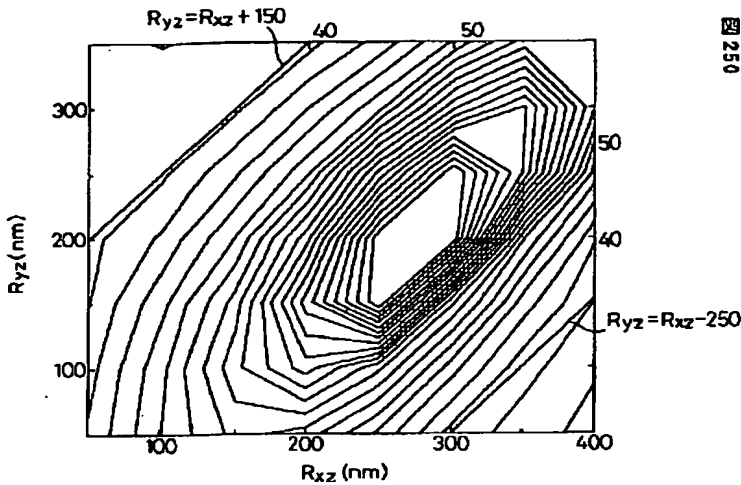


【図249】

図249



【図250】

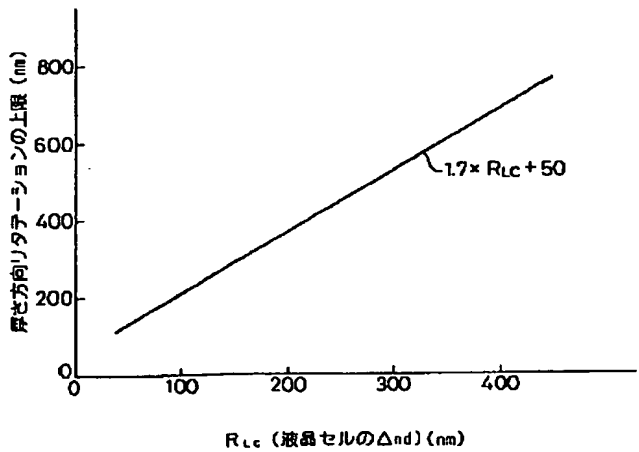


【図253】

図 253

例	初期値	200時間値
例C	25	42
例D	33	51
例E	26	45
例F	30	48
比較例	32	70

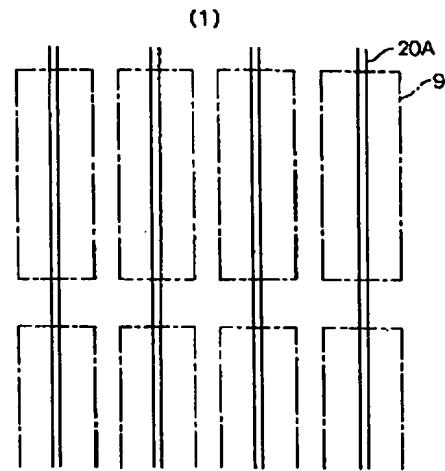
【図251】



【図255】

図 251

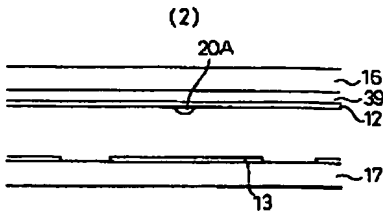
図 255



【図252】

サンプル	パネル厚 $\mu\text{m}$ R G B	間隔幅 $\mu\text{m}$ R G B	位相差フィルム Rd値 nm	透過率% (5v)	視角: CR > 10 左右方向	色差 (5 v : 左右) $\Delta u(x)$	$\Delta v(y)$
例A	5.7, 4.6, 3.6	20, 25, 30	320	5.60	$\pm 80^\circ$	0.03	0.03
例B	5.7, 4.6, 3.6	20, 25, 30	320	5.60	$\pm 80^\circ$	0.03	0.05
従来例1	R, G, B=3.6	R, G, B=30	240	4.50	$\pm 80^\circ$	0.06	0.05
従来例2	R, G, B=4.6	R, G, B=30	320	5.80	$\pm 80^\circ$	0.14	0.12

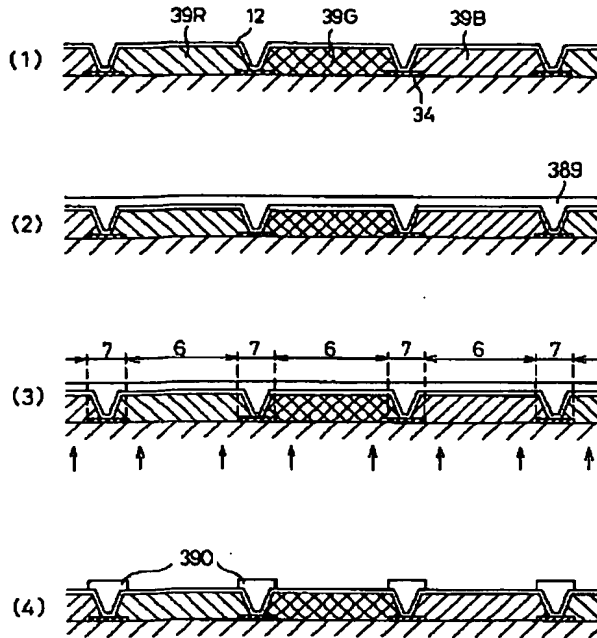
図 252



(104)

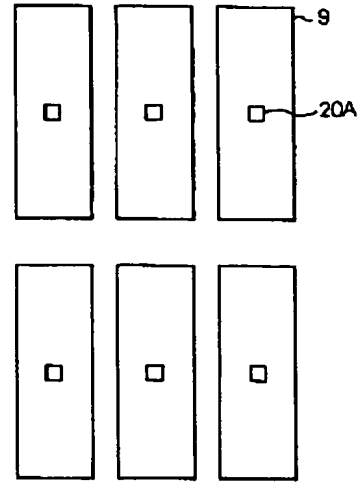
【図254】

図254



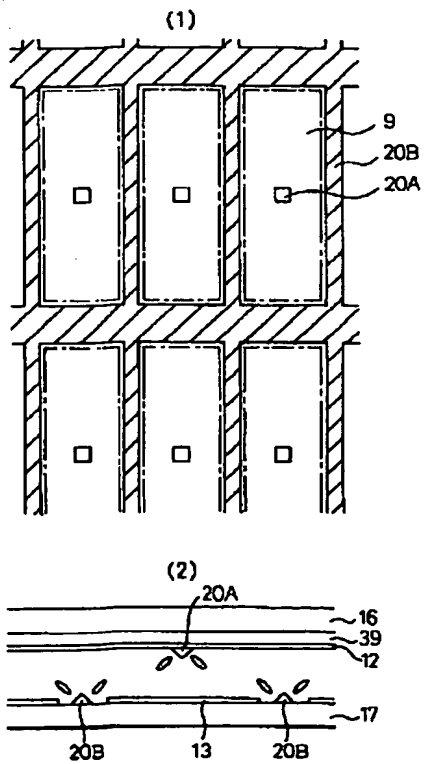
【図256】

図256



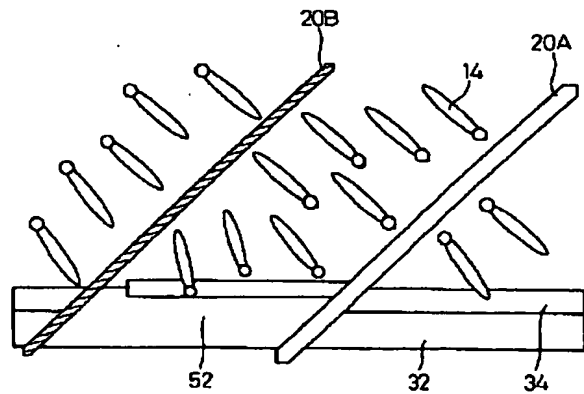
【図257】

図257



【図258】

図258





## フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 特願平9-266937  
 (32)優先日 平9(1997)9月30日  
 (33)優先権主張国 日本(JP)  
 (31)優先権主張番号 特願平9-361384  
 (32)優先日 平9(1997)12月26日  
 (33)優先権主張国 日本(JP)  
 (72)発明者 佐々木 貴啓  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 村田 聡  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 長谷川 正  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 井上 弘康  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 大谷 稔  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 池田 政博  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 谷口 洋二  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 吉田 秀史  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 津田 英昭  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 大室 克文  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 千田 秀雄  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 塚大 浩司  
 鳥取県米子市石州府字大塚ノ式650番地  
 株式会社米子富士通内  
 (72)発明者 田坂 泰俊  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 岡元 謙次  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 間山 剛宗  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 田沼 清治  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 仲西 洋平  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 田代 国広  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 片岡 真吾  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 大橋 誠  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 山口 久  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 森重 理  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 古川 訓朗  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 鎌田 豪  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 田中 義規  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 星野 淳之  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 林 省吾  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 滝沢 英明  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 金城 毅  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内  
 (72)発明者 橋本 誠  
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
 1号 富士通株式会社内

(106)

(72)発明者 井元 圭爾  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 笹林 貴  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 藤川 徹也  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 澤崎 学  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 田野瀬 友則  
鳥取県米子市石州府字大塚ノ式650番地  
株式会社米子富士通内

(72)発明者 廣田 四郎  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-258606

(43)Date of publication of application : 24.09.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/1337

(21)Application number : 11-016335

(22)Date of filing : 25.01.1999

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(72)Inventor : TAKEDA ARIHIRO  
 KOIKE YOSHIRO  
 SASAKI TAKAHIRO  
 MURATA SATOSHI  
 HASEGAWA TADASHI  
 INOUE HIROYASU  
 OTANI MINORU  
 IKEDA MASAHIRO  
 TANIGUCHI YOJI  
 YOSHIDA HIDESHI  
 TSUDA HIDEAKI  
 OMURO KATSUFUMI  
 SENDA HIDEO  
 TSUKADAI KOUJI  
 TASAKA YASUTOSHI  
 OKAMOTO KENJI  
 MAYAMA TAKEMUNE  
 TANUMA SEIJI  
 NAKANISHI YOHEI  
 TASHIRO KUNIHIRO  
 KATAOKA SHINGO  
 OHASHI MAKOTO  
 YAMAGUCHI HISASHI  
 MORISHIGE OSAMU  
 FURUKAWA KUNIAKI  
 KAMATA TAKESHI  
 TANAKA YOSHINORI  
 HOSHINO ATSUYUKI  
 HAYASHI SHOGO  
 TAKIZAWA HIDEAKI  
 KANESHIRO TAKESHI  
 KITSUKI MAKOTO  
 IMOTO KEIJI  
 SASABAYASHI TAKASHI  
 FUJIKAWA TETSUYA  
 SAWAZAKI MANABU  
 TANOSE TOMONORI  
 HIROTA SHIRO

## (30)Priority

Priority number : 09155437	Priority date : 12.06.1997	Priority country : JP
09230982	27.08.1997	
09230991	27.08.1997	JP
09266937	30.09.1997	
09361384	26.12.1997	JP
		JP
		JP

## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To actualize the VA type liquid crystal display device with excellent visual angle characteristics while maintaining excellent contrast, an excellent operation speed, etc., as usual.

SOLUTION: The liquid crystal display device, in which liquid crystal 14



having negative dielectric constant anisotropy is sandwiched between 1st and 2nd substrates 12 and 13 whose surfaces are aligned vertically and the liquid crystal is aligned almost vertically when no voltage is applied, almost horizontally when a specific voltage is applied and obliquely when a voltage lower than the specific voltage is applied, equipped with 1st and 2nd domain restricting means which restrict the alignment of the liquid crystal on the 1st and 2nd substrates. The 1st and 2nd domain restricting means are arrayed at a specific pitch of parallel and plural projections, hollows, or slits which bent zigzag in a specific cycle.

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]	25.01.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	26.02.2002
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	
[Date of registration]	
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2002-05368
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	28.03.2002
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] A dielectric constant anisotropy pinches negative liquid crystal between the 1st [ which performed perpendicular orientation processing to the substrate surface ], and 2nd two substrates. Orientation of said liquid crystal becomes almost level, when predetermined voltage is impressed almost perpendicularly at the time of no voltage impressing. It is the liquid crystal display of orientation which becomes slanting when voltage smaller than said predetermined voltage is impressed. It has 1st and 2nd domain regulation means to regulate the direction of orientation where said liquid crystal becomes slanting when it is prepared in said 1st and 2nd substrates and voltage smaller than said predetermined voltage is impressed. Two or more projections which said 1st domain regulation means was formed in said 1st substrate, and were crooked in zigzag, a hollow, a slit, or combination of them It is the train of the 1st projection, hollow, or slit arranged in parallel. Said 2nd domain regulation means A liquid crystal display

characterized by two or more projections which were prepared in said 2nd substrate and crooked in zigzag, a hollow, a slit, or combination of them being the train of the 2nd projection, hollow, or slit arranged in parallel.

[Claim 2] It is the liquid crystal display said whose predetermined pitch it is a liquid crystal display according to claim 1, a train of a train of said the 1st projection, hollow, or slit and the 2nd projection, a hollow, or a slit is arranged in a predetermined pitch, and is 1 for an integer of an array pitch of said pixel.

[Claim 3] It is the liquid crystal display said whose predetermined cycle it is a liquid crystal display according to claim 1, a train of a train of said the 1st projection, hollow, or slit and the 2nd projection, a hollow, or a slit is crooked in a predetermined cycle, and is 1 for an integer of an array pitch of said pixel.

[Claim 4] A train of a projection or a hollow of said 1st and 2nd substrates, or a slit is a liquid crystal display with which it is a liquid crystal display according to claim 1 or 2, and half-pitch gap \*\*\*\*\* of said predetermined pitch is carried out.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to the technology in which the VA (Vertically Aligned) mold LCD (VA mode LCD) realizes orientation division, about a liquid crystal display (LCD:Liquid Crystal Display).

[0002]

[Description of the Prior Art] In the flat-panel display which is equal to the image quality of CRT, the liquid crystal display (LCD) is used current but widely. Especially as for LCD (TFT-LCD) of a TFT (ThinFilm Transistor) method, much more expansion of a commercial scene is expected by application to

household-electric-appliances devices, such as consumer appliances, such as a personal computer, a word processor, and OA equipment, and pocket television. In connection with this, much more improvement in image quality is demanded. Hereafter, although TFT-LCD is explained as an example, this invention can be applied not only to TFT-LCD but to LCD of a passive-matrix mold and LCD of a plasma address type, and liquid crystal is pinched between the substrates of a pair with which the electrode was generally formed in each, and application to LCD which displays by impressing voltage to inter-electrode [ of each substrate ] is possible, and it is not limited to TFT-LCD.

[0003] The method currently used most widely at current and TFT-LCD is TN (Twisted Nematic) of a normally white mode. It is Mold LCD. Drawing 1 is drawing explaining the panel structure and the principle of operation of the TN mold LCD. As shown in drawing 1, an orientation film is attached on the transparent electrodes 12 and 13 formed on the glass substrate, rubbing processing from which the 90 degrees of the directions of orientation of a liquid crystal molecule differ with a vertical substrate is performed, and TN liquid

crystal is inserted. In order that other liquid crystal molecules may carry out orientation of the liquid crystal which contacted the orientation film from the property which liquid crystal has along with a list and its liquid crystal molecule along the direction of orientation of an orientation film, as shown in (1) of drawing 1, orientation of it is carried out in the form where the 90 degrees of the directions of a liquid crystal molecule are twisted. Two polarizing plates 11 and 15 are arranged to the direction of orientation of an orientation film, and parallel at the both sides of electrodes 12 and 13.

[0004] If the non-polarized light 10 carries out incidence to the panel of such structure, the light which passed the polarizing plate 11 will turn into the linearly polarized light, and will go into liquid crystal. 90 degrees of liquid crystal molecules are twisted, and since orientation is carried out, 90 degrees also of light which carried out incidence are also twisted and they is passed, the lower polarizing plate 15 can be passed. This condition is \*\*\*\*\*. Next, if voltage is impressed to electrodes 12 and 13 and voltage is impressed to a liquid crystal molecule as shown in (2) of drawing 1, a liquid crystal molecule is stood straight and \*\* can be taken. However, on the orientation film surface, since the orientation restraining force is stronger, the direction of orientation of a liquid crystal molecule has met the orientation film. In such the condition, to the light which passes a liquid crystal molecule, since it is isotropic, the rotation of the polarization direction of the linearly polarized light by which incidence was carried out to the liquid crystal layer is

not produced. Therefore, the linearly polarized light which passed the upper polarizing plate 11 cannot pass the lower polarizing plate 15, but will be in a dark condition. Then, if it changes into the condition of not impressing voltage again, a display will return to \*\*\*\*\* according to orientation restraining force.

[0005] The manufacturing technology of TN mold TFT-LCD accomplished the marked advance in recent years, and by the time the contrast, color reproduction nature, etc. in a transverse plane exceed CRT, it will have resulted. However, TN-LCD had the big defect that an angle of visibility was narrow, therefore there was a problem that a use was limited. Drawing 2 is drawing explaining this problem, is in the condition of a white display that (1) does not impress voltage, is in the condition which displays the halftone to which (2) impressed middle voltage, and is in the condition which displays the black to which (3) impressed predetermined voltage. As shown in (1) of drawing 2, in the condition of not impressing voltage, orientation of the liquid crystal molecule is carried out in the same direction with very few tilt angles (1 degree - about 5 degrees). Although it was twisted as shown in (1) of drawing 1 in fact, here showed like illustration for convenience. In this condition, it is mostly visible to white in every bearing. Moreover, as shown in (3) of drawing 2, where voltage is impressed, since orientation of the liquid crystal molecule in the middle of having removed near the orientation film is carried out perpendicularly, the linearly polarized light which carried out incidence is not twisted,

but it is visible [ linearly polarized light ] to black. At this time, the polarization direction is twisted to some extent and the light which carries out incidence aslant on a screen has it in order to pass aslant the liquid crystal molecule by which orientation was carried out perpendicularly. [ visible to the halftone (gray) instead of perfect black ] Although orientation of the liquid crystal molecule near the orientation film is too carried out horizontally where middle voltage lower than the condition of (3) is impressed as shown in (2) of drawing 2, in the pars intermedia of a cel, a liquid crystal molecule starts to the middle. Therefore, the form birefringence of liquid crystal is lost a little, permeability falls, and it becomes a halftone (gray) display. However, this is what can be said only about the light which carried out incidence perpendicularly to the liquid crystal panel, and situations differ by the case where it sees from the left of the light which carried out incidence aslant, i.e., drawing, and the direction of the right. Like illustration, orientation of the liquid crystal molecule will be carried out from the lower right in parallel to the light which goes to the upper left. Therefore, when liquid crystal is seen from left-hand side in order to hardly demonstrate the birefringence effect, it will look black. On the other hand, since orientation of the liquid crystal molecule is perpendicularly carried out from the lower left to the light which goes to the upper right, liquid crystal demonstrates the big birefringence effect to the light which carried out incidence, and since the light which carried out incidence is twisted, it becomes the display near white. Thus, the

point which viewing-angle dependence produces in the display condition is the greatest defect of TN-LCD.

[0006] In order to solve such a problem, LCD of the method called an IPS mold is proposed by JP,53-48452,B and JP,1-120528,B. (2) is a plan when not impressing voltage, drawing 3 is drawing explaining the IPS mold LCD, and (4) is [ (1) is a side elevation when not impressing voltage, and / (3) is a side elevation when impressing voltage, and ] a plan when impressing voltage. The slit-like electrodes 18 and 19 are formed in one substrate 17, and the liquid crystal molecule of the slit inter-electrode gap section is made to drive by horizontal electric field in an IPS mold, as shown in drawing 3. when not impressing electric field using the material which has a positive dielectric anisotropy as liquid crystal 14, rubbing of the orientation film is carried out for carrying out homogeneous orientation of the major axis of a liquid crystal molecule almost in parallel to the longitudinal direction of electrodes 18 and 19. In the example shown here, in order to set constant the change direction (hand of cut) of the direction of orientation of the liquid crystal molecule at the time of voltage impression, homogeneous orientation of the liquid crystal molecule is carried out to 15-degree bearing to the longitudinal direction of a slit electrode. If voltage is impressed to slit inter-electrode in this condition, as shown in (3) of drawing 3, near a slit electrode, the liquid crystal molecule which has a dielectric anisotropy will change the direction of orientation so that that major axis may become 90 degrees to the longitudinal direction of a slit electrode.

However, since orientation processing is carried out so that orientation of the liquid crystal molecule may be carried out to the substrate 16 of another side in the 15-degree bearing to the longitudinal direction of a slit electrode, orientation of the major axis is carried out almost in parallel to the longitudinal direction of electrodes 18 and 19, a liquid crystal molecule will be twisted toward the lower substrate 17 from the upper substrate 16, and orientation of the liquid crystal molecule near the substrate 16 will be carried out. In such a liquid crystal display, by [ of substrates 16 and 17 ] making a transparency shaft intersect perpendicularly mutually up and down, arranging, and making the transparency shaft of one polarizing plate parallel to a liquid crystal molecule major axis, polarizing plates 11 and 15 can be realized at the time of no voltage impressing, and a white display can be realized at the time of a black display and voltage impression. [0007] As mentioned above, by the IPS method, a liquid crystal molecule is not made to start but the feature is that it switches to a longitudinal direction. Like TN method, if a liquid crystal molecule is made to stand, according to the viewing-angle direction, form birefringence will differ and fault will arise. If it switches to a longitudinal direction, since form birefringence seldom changes, a very good viewing-angle property will be acquired by the direction. However, another trouble exists in an IPS method. First, it is the point that a speed of response is very slow. An IPS method is considered because it is 10 micrometers or more to the usual TN



method having switched the reason nil why a speed of response is slow, by inter-electrode gap 5micrometer. If inter-electrode spare time is narrowed, a speed of response can be made high, but since short-circuit will be caused and it will be easy to become a display defect if it is necessary to add the electric field of reversed polarity to the electrode which adjoins on a method and inter-electrode spare time is made small, inter-electrode spare time cannot be made not much small. Moreover, if inter-electrode spare time is made small, the rate of surface ratio which the electrode section in a part for a display occupies will become large, and the problem that permeability cannot be made high will also be produced.

[0008] Thus, by the IPS method, if switching is slow and displays the quick animation of a motion in the present condition, fault, like an image flows will occur. Therefore, by the actual panel, in order to improve a speed of response, as shown in (2) of drawing 3, and (4), rubbing is not carried out in parallel to an electrode, but rubbing is carried out in the direction shifted about 15 degrees. When carrying out parallel orientation, it can arrange in the direction which the molecule of liquid crystal can influence freely, and the orientation of the liquid crystal molecule cannot be made to carry out in the predetermined direction only by applying an orientation film. Then, the surface of an orientation film is ground in the fixed direction so that orientation may be carried out in the predetermined direction, and rubbing processing which makes a liquid crystal molecule arrange in the direction is

performed. If rubbing processing is carried out in parallel with an electrode when an IPS method performs rubbing processing, the direction rotated when voltage is impressed cannot become settled easily in the left or the right, and the liquid crystal molecule near an inter-electrode center will be in a response. Then, as shown in (2) of drawing 3, and (4), uniformity on either side is broken down by shifting about 15 degrees and performing rubbing processing.

However, even if it shifts the direction of rubbing processing in this way, the speed of response of an IPS method is twice the response time of TN method, and has the problem of being very late. And it does not become equal by shifting about 15 degrees in this way, and performing rubbing processing influencing a viewing-angle property.

Moreover, in an IPS method, tone reversal occurs in a specific angle of visibility. This problem is explained with reference to drawing 6 from drawing 4.

[0009] Drawing 4 is drawing which defines the system of coordinates in observation of a liquid crystal display (here IPS method). Like illustration, the polar angle  $\theta$  and Azimuth  $\phi$  are defined to substrates 16 and 17, electrodes 18 and 19, and the liquid crystal molecule 14. It is drawing showing the tone reversal property of a panel, drawing 5 displays by dividing from a white condition to a black condition into 8 gradation, and when the polar angle  $\theta$  and Azimuth  $\phi$  are changed and brightness change is investigated, it shows the field which tone reversal produces. Reversal arises among drawing into four portions shown with a slash and a crossing

slash. Drawing 6 is drawing showing an example of brightness change of 8 gradation displays to the polar angle theta in bearing ( $\phi = 75$  degrees, 135 degrees) which white reversal and black reversal produce, respectively. White reversal is produced when falling with the increment in the polar angle theta, the gradation phase, i.e., the white brightness, of a side with high brightness. Black reversal is produced because black brightness rises according to the increment in the polar angle theta. Thus, by the IPS method, the problem that tone reversal arises about 4 bearing occurs. Furthermore, an IPS method has the problem that manufacture is difficult compared with TN method. Thus, it can be said that other properties, such as permeability, a speed of response, and productivity, are sacrificed for the IPS method in exchange for a viewing-angle property.

[0010] As explained above, the IPS method proposed as what solves the problem of the viewing-angle property of TN method had the problem that it was not enough in respect of properties other than a viewing-angle property. Then, VA (Vertically aligned) method (VA mode liquid crystal) which uses a perpendicular orientation film is proposed. By VA method, it becomes the birefringence mode instead of rotatory-polarization mode like TN method. Drawing 7 is drawing explaining VA method. VA method is a method which combined the negative-mold liquid crystal material and the vertical orientation film which have a negative dielectric constant anisotropy, and as shown in (1) of drawing 7, at the time of

no voltage impressing, orientation of the liquid crystal molecule is carried out perpendicularly, and it becomes a black display. If predetermined voltage is impressed as shown in (3) of drawing 7, orientation of the liquid crystal molecule will be carried out horizontally, and it will become a white display. Compared with TN method, VA method has the high contrast of a display and its monochrome level speed of response is also quick. VA method attracts attention as a method of a new liquid crystal display by the above reasons.

[0011]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, when VA method performs a halftone display, there is the same problem as TN method that viewing-angle dependence of a display condition arises. Although it impresses voltage smaller than the time of a white display in displaying halftone by VA method, as shown in (2) of drawing 7 in that case, orientation of the liquid crystal molecule will be carried out in the direction of slanting. In this case, to the light which goes to the upper left, orientation of the liquid crystal molecule will be carried out in parallel like illustration from the lower right. Therefore, when liquid crystal is seen from left-hand side in order to hardly demonstrate the birefringence effect, it will look black. On the other hand, since orientation of the liquid crystal molecule is perpendicularly carried out from the lower left to the light which goes to the upper right, liquid crystal demonstrates the big birefringence effect to the light which carried out incidence, and becomes the display near white. Thus, there

was a problem that viewing-angle dependence of a display condition arose. since the liquid crystal molecule near the orientation film was almost perpendicular also at the time of no voltage impressing, VA method was boiled markedly, and its contrast was higher than TN method, and it was excellent also in the viewing-angle property, but also when inferior to an IPS method in respect of calling it a viewing-angle property, there was.

[0012] It is known by setting to TN method and making the direction of orientation of the liquid crystal molecule in a pixel into two or more different directions that the viewing-angle property of a liquid crystal display (LCD) will be improved. Generally with TN method, the direction of orientation of the liquid crystal molecule which touches a substrate side (pre tilt angle) is regulated in the direction of the rubbing processing performed to an orientation film. Rubbing processing is processing which grinds the surface of an orientation film against an one direction with cloth, such as rayon, and orientation of the liquid crystal molecule is carried out along the direction of the remains of grinding. Therefore, if the direction of rubbing processing is changed within a pixel, a viewing-angle property is improvable. Drawing 8 is drawing showing how to change the direction of rubbing processing within a pixel. The orientation film 22 is formed in a glass substrate 16 (the electrode etc. is omitted.) like illustration. The rubbing roll 201 to rotate is contacted to this, and rubbing processing is performed to it in an one direction. Next, a resist is applied on the orientation film 22, and a

pattern predetermined by the photolithography is exposed and developed. Thereby, the layer 202 of a patternized resist like illustration is formed. Next, with the above, the rubbing roll 201 rotated towards reverse is contacted, and rubbing processing only of the portion which the pattern opened is carried out to hard flow. Thus, two or more fields by which rubbing processing was carried out are formed in the different direction in a pixel, and the direction of orientation of liquid crystal becomes in two or more directions within a pixel. In addition, if the orientation film 22 is rotated to a rubbing roll 201, it is possible to carry out rubbing processing in the direction in which arbitration differs.

[0013] Although rubbing processing is used widely, it is the processing which grinds the surface of an orientation film as mentioned above, and attaches a blemish, and there is a problem of being easy to generate dust.

Moreover, preparing a concavo-convex pattern on an electrode is known for TN method as an option which regulates the pre tilt angle of a liquid crystal molecule.

Orientation of the liquid crystal molecule near the electrode is carried out along the surface of a concavo-convex pattern.

[0014] Also in VA method, it is known by dividing the direction of orientation of a liquid crystal molecule in the direction from which plurality differs within a pixel that a viewing-angle property will be improved. By preparing opening in the portion which faces in the center of the pixel electrode of a counterelectrode each other, JP,6-301036,A makes a pixel center section produce the portion toward which electric field inclined,

and is indicating the liquid crystal display of VA method which divides the direction of orientation of a liquid crystal molecule in a 2-way or the four directions. However, in the liquid crystal display indicated by JP,6-301036,A, there is a problem that a speed of response is slow, and it turned out that the speed of response when changing to the condition of impressing from the condition of not impressing especially voltage is slow. Since the length of the field where the direction of orientation formed in a pixel continued is the one half degree of the length of a pixel, this is considered for requiring time amount until the orientation of all the liquid crystal in a field gathers.

[0015] Moreover, JP,7-199193,A is indicating the liquid crystal display of VA method which divides the direction of orientation of liquid crystal into two or more fields within a pixel by preparing on an electrode the inclined plane where directions differ.

However, with the indicated configuration, since orientation of the liquid crystal which contacts an orientation side when not impressing voltage since the inclined plane is established in the whole pixel was altogether carried out along an inclined plane, it could not obtain a perfect black display but the problem that contrast fell produced it. Moreover, since the inclined plane was established in the whole pixel, it turned out that an inclined plane cannot say that it is loose and enough to specify the direction of orientation of liquid crystal. Although the structure needed to be thickened for making an inclined plane steep, it turned out that the phenomenon called so-called seizure in which the

direction of a liquid crystal molecule does not change even if a charge will be accumulated in the structure working [equipment] and it will impress voltage to inter-electrode for the accumulated charge, if the structure of a dielectric is thickened arises.

[0016] Thus, in the liquid crystal display of VA method, when orientation division within the pixel for improving a viewing-angle property was realized, there were various kinds of problems. The purpose of this invention is improving the viewing-angle property in the liquid crystal display of VA method, as usual, while they have been good, the viewing-angle property of contrast and a working speed is also comparable as an IPS method, or they aim it at realizing the liquid crystal display of better VA method than it.

[0017]

[Means for Solving the Problem] Drawing 9 is drawing explaining a principle of this invention. According to this invention, as shown in drawing 9, the conventional perpendicular orientation film is used, and when voltage is impressed, in VA method which enclosed negative-mold liquid crystal as a liquid crystal material, a domain regulation means to regulate so that the direction of orientation where orientation of the liquid crystal is carried out aslant may come in two or more directions in 1 pixel is established. A domain regulation means is formed at least in one side of two substrates. Moreover, as what functions as a domain regulation means, as for at least one domain regulation means, various \*\*\*\* have a slant face. In addition, a field where a cross section starts to an abbreviation

perpendicular to a substrate in a rectangle shall also be included on a slant face. In drawing 9, the electrode 12 of a top substrate was used as an electrode which has a slit within 1 pixel as a domain regulation means, and projection 20 is formed on the electrode 13 of a bottom substrate.

[0018] As shown in (1) of drawing 9, in the condition of not impressing voltage, orientation of the liquid crystal molecule is perpendicularly carried out to the substrate surface. Impression of middle voltage generates slanting electric field to the substrate surface in the electrode slit section (electrode edge section), as shown in (2) of drawing 9. Moreover, a liquid crystal molecule of a height 20 inclines slightly from voltage a condition of not impressing. The inclination direction of a liquid crystal molecule is determined under an inclined plane of this projection, and effect of slanting electric field, and the direction of orientation of liquid crystal is divided in the middle of projection 20 and a slit. Since a liquid crystal molecule inclines somewhat, as for at this time, for example, light penetrated right above from right under, it is influenced of some birefringence, and transparency is suppressed, and a gray halftone display is obtained. If it is very easy to penetrate light penetrated at the upper left from the lower right in a field which is hard to penetrate in a field in which liquid crystal inclined leftward and which inclined rightward and it is averaged, a gray halftone display will be obtained. Light penetrated at the upper right also serves as a gray display from the lower left by same principle, and a

uniform display is obtained in an omnidirection. Furthermore, if predetermined voltage is impressed, a liquid crystal molecule will become almost level and a white display will be obtained. Therefore, in all conditions of black, halftone, and a white display condition, little good display of a viewing-angle dependency is obtained.

[0019] Here, drawing 10 is drawing explaining generation of orientation by projection of a dielectric prepared on an electrode. In addition, a "dielectric" in this specification is the insulating material of a low dielectric. Orientation by projection is considered referring to drawing 10. On electrodes 12 and 13, a projection is formed alternately, and the perpendicular orientation film 22 is formed on it. Since liquid crystal currently used is a negative mold, as it is shown in (1) of drawing 10, at the time of no voltage impressing, orientation of the liquid crystal molecule is perpendicularly carried out to the substrate surface for the perpendicular orientation film 22. In this case, it is not necessary to perform rubbing processing to a perpendicular orientation film. Since it is going to carry out orientation also of the liquid crystal molecule of a portion of projection 20 at right angles to the slant face, a liquid crystal molecule of a portion of a projection inclines. However, at the time of no voltage impressing, in almost all portions except a portion of a projection, in order to carry out orientation of the liquid crystal molecule almost perpendicularly to the substrate surface, as shown in (1) of drawing 9, a good black display is obtained.

[0020] In a portion which shows potential distribution, such as having met an electrode side in a liquid crystal layer, to (2) of drawing 10, and (a), and does not have a projection at the time of voltage impression, in a substrate, although it is parallel (electric field are perpendicular to a substrate), it inclines near the projection. If voltage is impressed, as shown in (2) of drawing 7, a liquid crystal molecule inclines according to reinforcement of electric field, but since electric field are sense perpendicular to a substrate, when rubbing has not prescribed the inclination direction, bearing which inclines to electric field may have all 360-degree directions. Here, if there is a liquid crystal molecule which inclines beforehand as shown in (1) of drawing 10, since a liquid crystal molecule of the perimeter also inclines along the direction, even if it does not perform rubbing processing, it can specify to a direction toward which a liquid crystal molecule of the projection gap section inclines in the bearing of a liquid crystal molecule which touches on the surface of a projection. it is in agreement with a direction where this direction inclines from the first for a projection although it will incline in the direction where a negative-mold liquid-crystal molecule is perpendicular to electric field if it leans in the direction which becomes parallel to a slant face of a projection in a portion of a projection as for electric field as shown in (2) of drawing 10 (namely, a direction which becomes perpendicular [ the equipotential line ] to a slant face -- it is) and voltage is impressed, and orientation will be carried out in the stable direction more. Thus,

formation of a projection obtains orientation stabilized according to an effect of both electric fields across near [ the / an inclination and near the projection ].

Furthermore, if strong voltage is impressed, a liquid crystal molecule will become almost parallel to a substrate.

[0021] As mentioned above, a projection has played a role of a trigger which determines bearing as for which a liquid crystal molecule when impressing voltage carries out orientation, and a slant face of a big area, for example, a thing across which it goes all over a pixel, is unnecessary. However, even if too small, an effect of an inclination and electric field is no longer acquired. Therefore, although it is necessary to define width of face according to a material and a configuration, effect sufficient by 5-micrometer width of face is acquired, and it is thought that about 5 micrometers or more are required also at the lowest. Since a steep slant face can be formed even if it makes height (thickness) of a projection small if it is a small slant face, the direction of orientation of liquid crystal is fully controllable. Moreover, if it is a small slant face, since orientation of the liquid crystal molecule will be perpendicularly carried out to the substrate surface in almost all portions except a portion of a projection at the time of no voltage impressing and it will become a nearly perfect black display, contrast can be made high. Furthermore, since a slant face is used as a domain regulation means and liquid crystal of other portions changes a direction immediately by making liquid crystal of this portion into a trigger when liquid crystal which touches a

domain regulation means has turned to a predetermined direction beforehand even when not impressing voltage, and voltage is impressed, a working speed is also good.

[0022] A direction where orientation of liquid crystal becomes slanting is determined by domain regulation means. Drawing 11 is drawing showing the direction of orientation at the time of using a projection as a domain regulation means. (1) of drawing 11 is a bank which has two slant faces, and orientation is carried out in the two directions which are different 180 degrees bordering on a bank. (2) of drawing 11 is a rectangular-head drill, and orientation is carried out in the four directions which differ at a time 90 \*\*s bordering on top-most vertices of a rectangular-head drill. (3) of drawing 11 is a semi-sphere, and orientation of liquid crystal becomes the symmetry of revolution centering on a shaft of a semi-sphere perpendicular to a substrate. If it is (3) of drawing 11, it will be in the same display condition to a total viewing angle. However, a number and sense of a domain are not that it is better as many. In relation with the polarization direction of a polarizing plate, when orientation of slanting liquid crystal becomes the symmetry of revolution, a problem that use effectiveness of light is low arises. When, as for this, liquid crystal forms a domain in a radial at a stepless story, a transparency shaft of a polarizing plate and liquid crystal of absorption shaft orientation serve as a loss, and liquid crystal of the direction of 45 degree is because it is the most efficient to a shaft. In order to raise use effectiveness of light, directions where

orientation of liquid crystal becomes slanting are mainly four or less directions, and, in the case of four directions, it is desirable to make it become in the direction in which 90 degrees of projection components to the screen of a liquid crystal display differ at a time.

[0023] Although the electrode 12 of a top substrate was used as an electrode which has a slit within 1 pixel as a domain regulation means and projection 20 is formed on the electrode 13 of a bottom substrate in drawing 9, it is realizable with other means. Drawing 12 is drawing showing an example which realizes a domain regulation means, (1) shows an example realized only in an electrode configuration, (2) shows an example which devises a configuration on the surface of a substrate, and (3) shows an example which devises an electrode configuration and a configuration on the surface of a substrate. Although orientation shown in drawing 9 by all of this example is obtained, structures [ each ] differ somewhat.

[0024] In (1) of drawing 12, a slit is prepared in the ITO electrodes 12 and 13 of a substrate of both sides or one side. Perpendicular orientation processing is performed to the substrate surface, and negative-mold liquid crystal is enclosed. In the condition of not impressing voltage, although orientation of the liquid crystal molecule is perpendicularly carried out to the substrate surface, if voltage is impressed, electric field of the direction of slanting will occur to the substrate surface in the electrode slit section (electrode edge section). The inclination direction of a liquid crystal

molecule is determined under effect of electric field of this slant, and the direction of orientation of liquid crystal is divided into a longitudinal direction like illustration. Since orientation of the liquid crystal is carried out to a longitudinal direction by electric field of slant produced in the edge section of an electrode in this example, suppose that it is called a slanting electric-field method. However, since slanting electric field do not arise as mentioned above when not impressing voltage to inter-electrode, the direction of liquid crystal is not specified, but this method has the problem that a speed of response when changing from voltage a condition of not impressing to a voltage impression condition is low.

[0025] In (2) of drawing 12, projection 20 is formed on a substrate of both sides. Like a case of (1), perpendicular orientation processing is performed to the substrate surface, and negative-mold liquid crystal is enclosed. Although orientation of the liquid crystal molecule is fundamentally carried out perpendicularly to the substrate surface in the condition of not impressing voltage, on an inclined plane of a projection, orientation is carried out with some inclination. If voltage is impressed, orientation of the liquid crystal molecule will be carried out in the inclination direction. Moreover, if an insulating material is used for a projection, electric field will be intercepted (a condition near slanting electric field and a method: it is the same as having prepared a slit in an electrode), and still more stable orientation division will be obtained. Suppose that this

method is called a double-sided projection method.

[0026] (3) of drawing 12 is the example which combined a method of (1) and (2), and it omits explanation. Various modifications are possible although an example of a projection and a slit was shown as a domain regulation means above. For example, it is also possible to hollow the slit section and to make the portion into an inclined plane by (1) of drawing 12. Making it an electrode which has a projection can also regulate orientation by preparing a projection on a substrate and forming an ITO electrode after a substrate and a projection instead of making a projection from (2) of drawing 12 with an insulating material. Moreover, considering as a hollow instead of a projection is also possible. Furthermore, it is also possible to form an explained domain regulation means only in a substrate of one side, and when preparing in both substrates, it is also possible to use which combination. Moreover, although it is desirable to make it have an inclined plane as for a projection or a hollow, it is effective also in respect of being perpendicular.

[0027] In a projection, if it indicates by black, as for the projection gap section, also in a black display, by part for a height, light will leak strictly. Although a difference of such a partial display is microscopic and it cannot distinguish with the naked eye, the whole display will be those averages, and display concentration of a black display falls a little, and reduces contrast. Therefore, contrast can be further raised by making a projection from a material which does not pass the light.



[0028] When forming a domain regulation means in a substrate of one side or both sides, it is possible to form a projection, a hollow, or a slit in the shape of [ of an one direction ] a grid in a predetermined pitch. In this case, it is possible to perform orientation division more stably by using each projection, a hollow, or a slit as a projection of two or more, a hollow, or a slit crooked in a predetermined cycle. Moreover, when arranging a projection, a hollow, or a slit to a substrate of both sides, it is desirable that it is made to carry out half-pitch gap \*\*\*\*\* of them.

[0029] Here, in a liquid crystal display indicated by JP,6-301036,A, since a opening (slit) is prepared only in a counterelectrode, a domain field cannot be made not much small. On the other hand, in this invention, since a slit is prepared in both a pixel electrode and a counterelectrode, a domain field can be made into a configuration and magnitude of arbitration. It is also possible to arrange a projection or a hollow so that a projection or a hollow may be formed in one substrate side of two upper and lower sides in the shape of [ two-dimensional ] a grid and an another side side may be countered at the center of a two-dimensional grid.

[0030] make it any -- it is required for the above-mentioned orientation division to arise within 1 pixel, and it is necessary to make a pitch of a projection, a hollow, or a slit smaller than a pitch of 1 pixel According to the result of having investigated the property of LCD which applied this invention, a viewing-angle property was very excellent, and not to mention TN method, even if compared with an IPS

method, a viewing-angle property more than an EQC was acquired. From a transverse plane, a property when seeing was also very excellent and were 400 or more (this is twice [ more than ] the TN method.) contrast ratios. TN method was [ 30% and IPS method of permeability ] 20%, this invention was 25%, and an IPS method was excelled although it was inferior to TN method. Moreover, a speed of response (response time) was more overwhelmingly [ than other methods ] quick. If it is an equivalent panel, for example, by TN method Off speed (off time amount) tauoff (5V ->0V) for 23ms in 21ms [ ON speed (ON time amount) tauon (0V ->5V) ] A speed of response (tau on+tau off) is 44ms, and by IPS method, 42ms and off speed tauoff are 22ms, and although ON speed tauon was 64ms, a speed of response For example, in a method using a projection of this invention, ON speed tauon was [ 9ms and off speed tauoff ] 15ms in 6ms, and speed of responses were 2.8 times of TN method, and the 4 time high speed of an IPS method, and were a speed (responsibility) which is satisfactory at all to a movie display etc. <BR> [0031] Furthermore, by method of this invention, in order for a projection, a hollow, or slanting electric field to determine the inclination direction of liquid crystal at the time of perpendicular orientation and voltage impression at the time of no voltage impressing, it is not necessary to perform rubbing processing like the usual TN method or an IPS method. Although a rubbing production process was a production process out of which dust tends to come in a panel manufacturing process and substrate washing (it washes in water, IPA, etc.) was

surely required after rubbing, an orientation film may be damaged and it had become the cause of poor orientation. On the other hand, in this invention, since the rubbing production process is unnecessary, a substrate washing production process is unnecessary.

[0032]

[Embodiment of the Invention] Drawing 13 is drawing showing the whole liquid crystal panel configuration of the 1st example of this invention. As shown in drawing 13, the liquid crystal panel of the 1st example The opposite (common) electrode 12 is formed in one glass substrate 16 by LCD of a TFT mold. It corresponds to the intersection of two or more scanning bus lines 31 formed in parallel with the glass substrate 17 of another side, two or more data bus lines 32 formed in parallel with a direction perpendicular to a scanning bus line, and scanning bus lines and data bus lines. TFT33 and the pixel (cel) electrode 13 which were prepared in the shape of a matrix are prepared, as for the surface of each substrate, perpendicular orientation processing is performed, and the closure of the liquid crystal of a negative mold is carried out between two substrates. Since a color filter is formed, a glass substrate 16 is called a color filter substrate (CF substrate), and a glass substrate 17 is called a TFT substrate. It omits about detailed explanation of TFT-LCD, and the configuration of the electrode section which is the feature of this invention here is explained.

[0033] Drawing 14 is drawing showing the panel structure of the 1st example of this

invention, (1) is drawing showing typically the condition of having seen from across, and (2) is a side elevation. Moreover, drawing 15 is drawing showing relation with the pixel of the projection pattern in the 1st example, drawing 16 is drawing showing the projection pattern besides the viewing area of the liquid crystal panel of the 1st example, and drawing 17 is the cross section of the liquid crystal panel of the 1st example.

[0034] the ITO film 12 which forms the black matrix layer 34, a color filter 39, and a common electrode in the near surface facing the liquid crystal of the CF substrate 16 as shown in drawing 17 -- reaching -- etc. -- parallel projection 20A is formed in a pitch.

In addition, although a perpendicular orientation film is further formed on this, it has omitted here. the ITO film 13 which forms the gate electrode 31 which makes a gate bus line, the CS electrode (storage capacitance electrode) 35, insulator layers 43 and 40, the electrode that makes a data bus line, and a pixel electrode in the near surface facing the liquid crystal of the TFT substrate 17 -- reaching -- etc. -- parallel projection 20B is formed in a pitch. In addition, although a perpendicular orientation film is further formed also with a TFT substrate, it has omitted here.

Reference numbers 41 and 42 are the sources and the drains of TFT, respectively. At this example, Projections 20A and 20B were created by TFT flattening material (positive resist).

[0035] As shown in (1) of drawing 14, the projection patterns 20A and 20B are parallel patterns arranged in a pitch, such as extending in the one direction, respectively,

and half-pitch gap \*\*\*\*\* is carried out. Therefore, structure as shown in drawing 14 (2) is realized, and as drawing 9 explained, orientation division is carried out to two fields. The relation to the pixel of such a projection pattern is shown in drawing 15. As shown in drawing 15, generally with the liquid crystal display of color display, one color pixel is formed by three pixels, R, G, and B. a color pixel -- the upper and lower sides -- it is arranged in the same pitch -- as -- the breadth of each pixel of R, G, and B -- about [ of a dip ] -- it is made one third. A pixel is the range of a pixel electrode, between the arranged pixel electrodes, a gate bus line (it is hiding in the bottom of projection 20B.) is prepared in a longitudinal direction, the data bus line 32 is established in the lengthwise direction, TFT33 is prepared near the intersection of the gate bus line 31 and the data bus line 32, and each pixel electrode is connected. The black matrix 34 for protection from light is formed in the gate bus line 31 of each pixel electrode 13, the data bus line 32, and the pair opposite side of TFT33. Since a reference number 35 shows CS electrode for forming the auxiliary capacity prepared for stability of a display and CS electrode has protection from light nature, the portion of CS electrode of the pixel electrode 13 does not act as a pixel. Therefore, a pixel is divided into the portions of upper 13A and lower 13B.

[0036] Within pixel 13A and 13B, three projection 20A runs, respectively, four projection 20B runs, and the 1st field where projection 20B is located in the bottom and projection 20A is located in the bottom, and

the 2nd three fields where projection 20A is located in the bottom and projection 20B is located in the bottom are formed at a time, respectively. Therefore, in one pixel which doubled Pixels 13A and 13B, the 1st and the 2nd six fields are formed at a time, respectively.

[0037] As shown in drawing 16, in the periphery of a liquid crystal panel, the projection patterns 20A and 20B were formed also in the outside of a pixel at the very end, and the projection patterns 20A and 20B are prolonged even on the outside of a pixel at the very end. This is because orientation division is performed like an internal pixel about the outermost pixel. Moreover, drawing 18 is drawing showing the location of the inlet of the liquid crystal in the liquid crystal panel 100 of the 1st example. After sticking CF substrate and a TFT substrate like the assembler of a liquid crystal panel, although liquid crystal is poured in, LCD of a VA mold TFT method has narrow cel thickness, the time amount of liquid crystal impregnation becomes long, so that it may mention later, but in order to prepare a projection, the time amount of liquid crystal impregnation becomes long further. In order to shorten time amount of liquid crystal impregnation as much as possible, as shown in (1) of drawing 18, it is desirable to form the inlet 102 of liquid crystal the perpendicular side of the array direction of the projection 20 arranged in parallel periodically. In addition, a reference number 101 is a seal line.

[0038] Moreover, while pouring in liquid crystal, if the gas in a panel is exhausted from the exhaust port 103 established in

other portions, an internal pressure will decline and impregnation of liquid crystal will become easy. Also about an exhaust port 103, as shown in (2) of drawing 18, it is desirable to prepare in the side of the opposite side of an inlet 102. The 1st example shows the configuration which measured what was actually made as an experiment by the sensing-pin type thickness gage to drawing 19. Like illustration, the gap of the ITO electrodes 12 and 13 formed on the substrate is regulated so that it may be set to 3.5 micrometers with a spacer 45. Height is [ 1.5 micrometers and width of face ] 5 micrometers, the up-and-down projections 20A and 20B leave 15 micrometers of projections 20A and 20B, and they are arranged. Therefore, the gap of the adjoining projection formed on the same ITO electrode is 30 micrometers.

[0039] The orientation stabilized very much was obtained in the result which impressed middle voltage to the panel of the 1st example, and was observed under the microscope. Furthermore, by the panel of the 1st example, the speed of response has improved very much. Drawing 20 and drawing 21 are drawings showing the speed of response when changing the gap of a projection of applied voltage and the upper and lower sides as a parameter in the panel of the 2nd example, and (1) of drawing 20 shows the switching speed to which (2) applied OFF speed (5 → 0V) to, and drawing 21 applied ON speed (0 → 5V) for ON speed and an OFF response. Although it hardly depends for falling time amount  $\tau_{off}$  on a gap as shown in drawing 20 and drawing 21, build-up-time  $\tau_{on}$  changes a lot. As a gap

becomes small, a speed of response becomes quicker. In addition, although the cell thickness of this cell was 3.5 micrometers, the practical length of this gap changes somewhat with cell thickness. That is, it will become narrow, if breadth and cell thickness become thick when cell thickness is thin. When the gap was to about 100 times of cell thickness, it actually checked that liquid crystal fully carried out orientation. [0040] make it any -- switching speed sufficient by the panel of the 1st example was obtained. For example, off time amount  $\tau_{off}$  is 6ms, ON time amount  $\tau_{on}$  of the speed of response of 0.5V at the time of 15 micrometers and 3.5 micrometers of cell thickness is 9ms about the gap of a projection, and ultra high-speed switching is [ the switching speed  $\tau$  is 15ms and ] possible for it. Drawing 22 to drawing 24 is drawing showing the viewing-angle property of the panel of the 2nd example. Drawing 22 shows change of the contrast by the viewing angle two-dimensional, and drawing 23 and drawing 24 show the change to the viewing angle of the display brightness of 8 gradation. (1) of drawing 23 shows change [ in / for change / in / for change / in / for change / in / for the change in 90 degrees of azimuths / in (2) / 45 degrees of azimuths / in (3) / 0 degree of azimuths / in (1) of drawing 24 / -45 degrees of azimuths / in (2) / -90 degrees of azimuths ]. In drawing 22, contrast shows ten or less field and the portion of a double slash shows [ the portion of a slash ] a five or less contrast field. Like illustration, although the in general good property was acquired, since it is vertical 2 division, it is not a property with the

completely equal bottom of the left upper right like the 1st example. In the vertical direction, the fall of contrast is somewhat large compared with a longitudinal direction. In a longitudinal direction, although there are few falls of contrast compared with the vertical direction, as shown in (3) of drawing 23, black tone reversal occurs near 30 degree. Since a polarizing plate is stuck in the combination from which an absorption shaft becomes 45 degrees and 135 degrees, the viewing-angle property of the direction of slant is very good. Although excelled also in as [ this ] more overwhelmingly than TN method, it is inferior to the IPS method a little in respect of the viewing-angle property. However, it is possible to improve a viewing-angle property further and to carry out to more than an IPS method by arranging a phase contrast film one sheet on the panel of the 1st example. Drawing 25 and drawing 26 are drawings showing the viewing-angle property at the time of using a phase contrast film on the panel of the 1st example, and are drawing corresponding to drawing 22 and drawing 23, respectively. Like illustration, it has been improved dramatically and the fall also of the tone reversal of a longitudinal direction of the contrast by the viewing angle was lost. Conversely, generally, although the tone reversal in a white display has occurred in the vertical direction, since human being's eyes hardly understand the reversal in a white display, it seldom becomes a problem as display quality. Thus, in all the fields of a viewing-angle property, a speed of response, and the difficulty of manufacture, the property exceeding an IPS method was

acquired by using a phase contrast film. [0041] With the configuration of the 1st example, various kinds of deformation was performed, and the parameter except having described above was changed and the optimal conditions were examined. In a projection, if it indicates by black, light will leak by part for a height. Drawing 27 is drawing explaining generating of the leakage light for this height. Since orientation of the light which carried out incidence like illustration at right angles to the portion in which the projection 20 was formed with the electrode 13 of a bottom substrate is aslant carried out like [ in the slant face of projection 20 ] illustration of a liquid crystal molecule, light is penetrated to some extent and becomes a halftone display. On the other hand, in the top-most-vertices portion of a projection, orientation of the liquid crystal molecule is carried out perpendicularly, and light does not leak from a top-most-vertices portion. This will be the same also about the electrode 12 of a top substrate, and, in a black display, a halftone display and a black display will be partially performed by part for a height. Although the difference of such a partial display is microscopic and it cannot distinguish with the naked eye, the whole display will be the averaged display reinforcement, and the display concentration of a black display falls a little, and reduces contrast. Therefore, contrast can be raised by making a projection from the material which does not pass the light. Contrast can be further raised by making a projection also from the 1st example with the material which does not pass the light.

[0042] Although change of the speed of response when changing the gap of a projection was shown in drawing 20 and drawing 21, it was made to change also about the height of a projection and change of a property was measured. 7.5 micrometers, 15 micrometers, and cell thickness set to about 3.5 micrometers the width of face and the gap of a resist which form a projection, respectively, they set the height of a resist to 1.537 micrometers, 1.600 micrometers, 2.3099 micrometers, and 2.4486 micrometers, and measured permeability and a contrast ratio with the experimental device. The result is shown in drawing 28 and drawing 29. Moreover, the change to the height of the projection (resist) of contrast by the change to the height of a projection (resist) of permeability [ in / for the change to the height of a projection (resist) of the permeability in a white condition (at the time of 5V impression) / a black condition (at the time of no voltage impressing) ] in drawing 31 is shown in drawing 30 from this result at drawing 32. If a resist becomes high, according to it, white condition (at time of voltage impression) permeability will also increase. Since this has the large projection (resist) which bears the auxiliary role for making liquid crystal incline, it is considered to be for a liquid crystal molecule to fall more certainly. The more the height of a resist also increases the permeability (leakage light) in a black condition (at the time of no voltage impressing), the more it increases. This is not so desirable in order to act in the direction on which black level is dropped. Drawing 27 explains the cause of this

leakage light. Right above a projection (resist) and in the gap section, the liquid crystal molecule is perpendicular to the substrate surface. Optical leakage is not generated from this part. However, in the ramp of a projection, the liquid crystal molecule is carrying out orientation with some inclination. If a projection becomes high, the area of this ramp will also increase and leakage light will increase.

[0043] Therefore, contrast (white brightness / black brightness) is in the orientation to fall, so that a resist becomes high. However, since contrast is high from the first, a good display can be performed even if it increases to the same height as cell thickness. In this case, the role of a panel spacer can be made a projection (resist) so that it may mention later. Based on these results, height made the liquid crystal display of 15 molds as an experiment using the TFT substrate and CF substrate which have the projection which are 0.7 micrometers, 1.1 micrometers, 1.5 micrometers, and 2.0 micrometers. Although it appeared also in the liquid crystal panel which the orientation as a result of the above-mentioned experiment actually manufactured, in actual observation, the panel manufactured on which conditions is also the level from which the fall of contrast does not become a problem, and the good display was obtained. this -- from the first -- high -- since it is a contrast panel, even if contrast falls somewhat, human being's eyes seem \*\* which cannot be distinguished. Moreover, although the height of a projection also manufactured the panel which is 0.7 micrometers in order to discern the limit of a side with the small height of

the projection in which liquid crystal carries out orientation, the completely normal display was obtained. Therefore, even if a projection (resist) is thin thickness 0.7 micrometers or less, it can fully carry out orientation of the liquid crystal molecule. [0044] Drawing 33 is drawing showing the projection pattern of the 2nd example. As shown in drawing 15, in the 1st example, a projection is a straight line-like and the projection was prolonged in the direction perpendicular to the longer side of a pixel. The projection is made to extend in the direction perpendicular to the side of the shorter one of a pixel 9 in the 2nd example. Other portions of the 2nd example are the same as the 1st example. Drawing 255 is drawing showing the modification of the 2nd example, (1) shows a projection pattern and (2) shows the cross section of projection arrangement. It passes along the center of a pixel 9 and projection 20A prepared on the electrode 12 by the side of the CF substrate 16 is made to extend in the direction perpendicular to the side of the shorter one of a pixel 9 in this modification. A projection is not prepared in the TFT substrate 17 side. Therefore, orientation of the liquid crystal is carried out in the two directions into each pixel. As shown in (2) of drawing 255, a domain is divided by projection 20A in the center of a pixel. Moreover, since the edge of a pixel electrode works as a domain regulation means around the pixel electrode 13, stable orientation division can be performed. Although the projection of one per pixel is only prepared, and a speed of response falls from the 2nd example in this modification since the distance of projection

20A and the edge of the pixel electrode 13 is long, a projection is only prepared in one side of a substrate, and is easy a manufacturing process. Furthermore, since the area which a projection occupies within a pixel is small, display brightness can be made high.

[0045] Drawing 256 is drawing showing the projection pattern of another modification of the 2nd example. Projection 20A prepared on the electrode 12 by the side of the CF substrate 16 is prepared in the center of a pixel 9. The projection is not prepared in the TFT substrate 17 side. Projection 20A is for example, a rectangular-head drill. Therefore, orientation of the liquid crystal is carried out in the four directions into each pixel. Since the area which the same effect as the modification of drawing 255 is acquired, and a projection occupies within a pixel also in this modification is still smaller, display brightness improves further.

[0046] Although much projections of the straight line prolonged in an one direction were prepared in parallel in the 1st example and the 2nd example, the orientation division produced by this projection is mainly two fields, and 180 degrees of bearings when a liquid crystal molecule carries out orientation will differ in two fields. Although the viewing-angle property of halftone is improved now as the component within a field including bearing perpendicular to a substrate which carries out orientation was shown in drawing 9, about a component perpendicular to it, a problem as shown by drawing 7 arises. Therefore, as for orientation division, it is desirable that they are four directions.

[0047] Drawing 34 is drawing showing the projection pattern of the 3rd example. As shown in drawing 34, in the 3rd example, the projection pattern prolonged in a lengthwise direction and the projection pattern prolonged in a longitudinal direction are prepared in 1-pixel 9. Here, the projection pattern prolonged in a longitudinal direction in a lower half in the projection pattern prolonged in a lengthwise direction is prepared in the 1-pixel upper half. If it is this, since orientation division will be carried out to two fields in the bearing which is different 180 degrees in a longitudinal direction with the projection pattern prolonged in a lengthwise direction and orientation division will be carried out to two fields in the bearing which is different 180 degrees in a lengthwise direction with the projection pattern prolonged in a longitudinal direction, orientation division will be carried out in the four directions within 1-pixel 9. Therefore, when it considers as a liquid crystal panel, the viewing-angle property of the vertical direction and the both directions of a longitudinal direction will be improved. In addition, in the 3rd example, it is the same as the 1st example except a projection pattern.

[0048] Drawing 35 is drawing showing the example which transformed the projection pattern of the 3rd example, and it differs from the projection pattern of drawing 34 in that the projection pattern prolonged in a longitudinal direction in a right half in the projection pattern prolonged in a lengthwise direction is prepared in the 1-pixel left half. Also in this case, like the projection pattern

of drawing 34, orientation division will be carried out in the four directions within 1-pixel 9, and the viewing-angle property of the vertical direction and the both directions of a longitudinal direction will be improved.

[0049] Although the projection was used as a domain regulation means to produce orientation division, in the 1st to 3rd example, as shown in drawing 36, in the summit section of a projection, the orientation of a liquid crystal molecule is not regulated at all. Therefore, in the summit section of a projection, the orientation of liquid crystal is not controlled but display quality is reduced. The 4th example is an example which solves such a problem.

[0050] Drawing 37 is drawing showing the projection configuration of the 4th example, and other portions are the same as the 1st to 3rd example. In the 4th example, as shown in (1) of drawing 37, projection 20 is made into the configuration which has a taper in a part. The gap of a taper portion is good at about (or 50 micrometers or less) 50 micrometers. In order to create such a projection pattern, a projection pattern is formed by the positive form resist, and a projection and a taper are formed by SURAITO etching. If it is this, orientation will be controlled also in the summit section of a projection.

[0051] Moreover, in the modification of the 4th example, as shown in (2) of drawing 37, the projection 46 which has a taper is further formed after projection 20. Also in this case, the gap of a taper portion is good at about (or 50 micrometers or less) 50 micrometers. In order to create such a projection pattern, a projection pattern is



formed by the positive form resist, and projection 20 is formed by SURAITO etching. Furthermore, the positive form resist of the thickness of the one half degree of a projection is formed, and it leaves a part for the height 46 to which the taper after projection 20 was attached by SURAITO etching. Orientation is controlled [ in / similarly / in this / the summit section of a projection ]. Drawing 38 is drawing showing the panel structure in the 5th example, (1) is drawing showing typically the condition of having seen from across, and (2) is a side elevation. The 5th example is an example corresponding to the structure of (3) of drawing 12. It formed in the electrode 12 formed in the surface of one substrate like illustration of projection 20A by the positive resist, and the slit 21 is formed in the electrode 13 of the substrate of another side. In fact, the 5th example uses as a slit 21 projection pattern 20B prepared in the pixel electrode 13 of the 3rd example, and the pixel electrode 13 has a pattern as shown in drawing 39.

[0052] The problem of cost is in the important requirements which determine a commercial success of a liquid crystal display. As mentioned above, although display quality improves by forming a domain regulation means in the liquid crystal display of VA method, it is required for there to be a problem that the part cost which establishes a domain regulation means becomes high, and to realize a domain regulation means by low cost. So, in the 5th example, the domain regulation means by the side of the TFT substrate 17 which has an active element is used as the

slit of the pixel electrode 13, and the domain regulation means by the side of the color filter substrate 16 which counters is considered as a projection.

[0053] While etching, the production process for it increasing and cost's increasing after carrying out pattern exposure after applying a photoresist, and developing negatives when preparing a projection on an electrode, there is a problem that the yield also falls. On the other hand, it is necessary to carry out pattern NINGU of the pixel electrode 13, and to form it, and even if it forms the pixel electrode which has a slit 21, a production process does not increase it. Therefore, it is lower for cost to make a slit into a domain regulation means from a projection in a TFT substrate side. On the other hand, since it is usually a solid electrode, the production process etched after developing the above photoresists which carried out pattern NINGU is required for the counterelectrode of a color filter substrate (CF substrate) when preparing a slit in a counterelectrode, but the developed photoresist can use it as it is when forming a projection on a counterelectrode, an increase in cost has little direction which forms a projection. Therefore, an increase in cost can be made small by using the domain regulation means by the side of a TFT substrate as the slit of a pixel electrode, and considering the domain regulation means by the side of a color filter substrate as a projection like the liquid crystal display of the 5th example.

[0054] When a slit is prepared in a pixel electrode and it divides into two or more partial electrodes, it is necessary to impress the same signal level to each partial

electrode, and to prepare the electrical installation portion which connects partial inter-electrode one. Since the orientation of liquid crystal is in disorder in an electrical installation portion so that it may mention later when this electrical installation portion is prepared in the same layer as a pixel electrode, the problem that the display brightness and speed of response of the top of the panel to which a viewing-angle property falls fall arises.

[0055] So, in the 5th example, as shown in drawing 39, brightness equivalent to the case where a projection is prepared in both, and a speed of response have been obtained by shading an electrical installation portion by BM34. In this example, the CS electrode 35 is formed in the center section of the pixel, and since the CS electrode 35 is protection-from-light nature, a pixel is divided into the portion of two upper and lower sides. Reference number 34A shows the opening of the top by BM, 34B shows the opening of the bottom by BM, and the inside of a opening passes light.

[0056] Since bus lines, such as the gate bus line 31 and the data bus line 32, are made from a metallic material, they have protection-from-light nature. In order to perform the stable display, it is necessary to form a pixel electrode so that it may not lap with a bus line, and it needs to shade between a pixel electrode and bus lines. Moreover, since an element property may change with the incidence of light and this actuation may break out when the amorphous silicon is used as a semiconductor of operation, the portion of TFT also needs to shade especially TFT33.

Therefore, BM34 for shading these portions is formed from the former, and since it is prepared in the periphery whose electrical installation portion is a pixel, it can shade by BM34 at this example. Moreover, in order for what is necessary just to be not to newly prepare BM for shading an electrical installation portion, and to extend BM the conventional BM or a little, it is the degree from which decline in a numerical aperture does not become a problem, either.

[0057] Since the panels of the 5th example are 2 division methods, various kinds of properties are completely fundamentally the same as the 1st example, and the viewing-angle property has also been sharply improved compared with TN method. Furthermore, it becomes the same viewing-angle property as the panel of the 1st example by using a phase contrast film. ON speed tauon is still 8ms, and off speed tauoff is 9ms, and if it is measured against the conventional method, it is [ it is the switching speed tau in 17ms and ] far high-speed [ since the speed of response is using the slanting electric field by the slit for one side, it is slower than the 1st example a little, but ]. The manufacture process is easy compared with the 1st example.

[0058] Here, a slit is prepared in a pixel electrode as reference, and a counterelectrode explains the result when making the liquid crystal display used as the solid electrode as an experiment. Since two or more slits of a 2-way were prepared and many domain fields of four directions were formed in a pixel, the stable orientation which carried out orientation to about 360-degree omnidirection was

obtained by the pixel electrode. Therefore, the viewing-angle property is very good and the equal image was obtained in 360-degree omnidirection. However, the speed of response has not improved, but ON speed tauon is 42ms, and the switching speed at which off speed tauoff is 15ms and totaled them is 57ms, and has seldom improved. If the number of a slit is reduced, a speed of response will fall further. This is considered to take time amount, before the part domain field will become large and all the liquid crystal molecules in a domain field will carry out orientation in the same direction, if the number of a slit is reduced.

[0059] Therefore, the configuration which uses only a slit as a domain regulation means has the advantage that a production process is made simple, and although it is satisfactory to the display which is mainly concerned with a still picture, it cannot be said like an IPS method that it is enough for a movie display. In the 5th example, when voltage was impressed, it turned out that the portion by which orientation is not stabilized exists in some places. The reason is explained with reference to drawing 40 and drawing 41. Although drawing 40 is drawing explaining orientation distribution of the liquid crystal in an electrical installation portion, and liquid crystal will carry out orientation of it in the direction perpendicular to the direction in which a projection and a slit are prolonged in the portion in which projection 20A and a slit 21 are formed in parallel if it is seen from a top, in an electrical installation portion, liquid crystal molecule 14a by which orientation is carried out in the different direction exists,

and the abnormalities in orientation produce it. Therefore, although orientation of the liquid crystal molecule is carried out perpendicularly (the vertical direction of drawing) to projection 20A and a slit 21 in the gap portion of projection 20A and the electrode slit 21 as shown in drawing 41, the summit of a projection, and near the center of a slit, a liquid crystal molecule is not perpendicular and carries out orientation horizontally. Although the slanting electric field by the inclination and slit of a projection could control liquid crystal in the vertical direction in drawing, since it was uncontrollable to a longitudinal direction, the summit of a projection, and near the center of a slit, it was checked by the observation under a microscope that the random domain 47 occurs in a longitudinal direction. Since the domain of the summit of a projection is so small that it cannot be distinguished, it does not become a problem, but when brightness falls, at the time of the change in white from black, white may become once more bright and it may be visible in the portion which such abnormalities in orientation produce, as an after-image. This problem is solved in the 6th following example.

[0060] The panel of the 6th example changes the configuration of the slit 21 of projection 20A in the panel of the 5th example, and the cel electrode 13. Drawing 42 is drawing showing the fundamental configuration when seeing projection 20A and the cel electrode 13 in the 6th example from a direction perpendicular to a panel. Zigzag is made crooked and the slit 21 of the cel electrode 13 is also making projection 20A

crooked in zigzag like illustration according to it. The domain regularly quadrised by this as shown in drawing 43 is generated.

Therefore, the abnormality section in orientation which became a problem in the 5th example is cancelable.

[0061] Drawing 44 is the plan showing the actual situation of the pixel section of the 6th example, drawing 45 is drawing showing the pattern of the pixel electrode of the 6th example, and drawing 46 is the cross section of the portion shown by A-B of drawing 44.

drawing 44 -- and -- drawing 46 -- being shown -- as -- the -- six -- an example -- LCD -- \*\*\*\* -- one side -- a glass substrate -- 16 -- \*\*\*\* -- protection from light -- \*\* -- black -- a matrix -- (( BM )) -- 34 -- a color separation filter (color filter) -- 39 -- forming -- having -- the -- a top -- the whole surface -- common -- an electrode -- 12 -- forming -- having -- further -- zigzag -- a projection -- a train -- 20 -- A -- forming -- having -- \*\*\*\* . TFT33 and the pixel electrode 13 which were prepared in the shape of a matrix corresponding to the intersection of two or more scanning bus lines 31 formed in parallel with the glass substrate 17 of another side, two or more data bus lines 32 formed in parallel with a direction perpendicular to a scanning bus line, and scanning bus lines and data bus lines are prepared. The scanning bus line 31 forms the gate electrode in TFT33, and the data bus line 32 is connected to the drain electrode 42 in TFT33. Moreover, the source electrode 41 is the same layer as the data bus line 32, and is formed in the drain electrode 42 and coincidence. Between the layers of the scanning bus line 31 and the data bus line 32, a gate insulator layer, an

a-Si barrier layer, and a channel protective coat are formed in a predetermined portion, an insulator layer is formed on the layer of the data bus line 32, and the ITO film which is further equivalent to the pixel electrode 13 is formed. The pixel electrode 13 is the rectangle of 1:3 as shown in drawing 45, and two or more slits 21 are formed in the direction to which 45 degrees inclined to the side. Furthermore, in order to stabilize the potential of each pixel electrode 13, the CS electrode 35 is formed and auxiliary capacity is formed. A glass substrate 17 is called a TFT substrate.

[0062] Like illustration, although the slit 21 of projection train 20A of CF substrate and a TFT substrate shifts, and is arranged only one half of each array pitches and the relation of a substrate is reverse, physical relationship of a projection and a slit as shown in (3) of drawing 12 is realized, and the orientation of liquid crystal is divided in the four directions. As mentioned above, the pixel electrode 13 applies a photoresist on it, after forming an ITO film, and it is formed by etching, after exposing and developing the pattern of an electrode. Therefore, if pattern NINGU is carried out so that the portion of a slit may be removed, a slit can be formed at the same production process as the former, and cost will not increase.

[0063] In the 6th example, as shown in drawing 45, the portion of the peripheries 131, 132, and 133 of the pixel electrode 13 leaves an electrode, and is using it as the electrical installation portion. As mentioned above, in the 6th example, since the orientation of liquid crystal is in disorder in an electrical installation portion, as shown

in drawing 45, the electrical installation portion was prepared in the periphery of the pixel electrode 13, BM which has top opening 34A and bottom opening 34B was used, and brightness equivalent to the case where a projection is prepared in both, and a speed of response have been obtained by shading an electrical installation portion with BM and the CS electrode 35.

[0064] Drawing 47 and drawing 48 are drawings showing the viewing-angle property in the 6th example. Thus, the viewing-angle property is very good and most of the abnormality section in orientation was not admitted. Moreover, the switching speed  $\tau$  is 17.7ms and ultra high-speed switching is possible for a speed of response. Drawing 49 is the modification of the pattern of a pixel electrode, and forms BM34 as shown in (2) to the pixel electrode 13 of drawing 49 as shown in (1). In addition, the pattern of a pixel electrode can consider various kinds of modifications, for example, prepares an electrical installation portion in the periphery of the both sides of a slit, and may be made to make each partial inter-electrode resistance small.

[0065] In addition, in the 5th and 6th examples, although it is also possible to prepare a slit instead of the projection prepared on the counterelectrode 12 of the CF substrate 16, and to use both domain regulation means as a slit, a speed of response falls as mentioned above in that case. In the 6th example, although the electrical installation portion was the same layer as a partial electrode, it can also be formed in another layer. The 7th example is such an example.

[0066] Drawing 50 is drawing showing the pattern and structure of a pixel electrode in the 7th example. The 7th example is the same as the 6th example except forming the connection electrode 132 in coincidence at the time of data bus line 32 formation, and forming the contact hole which connects the pixel electrode 13 divided into the insulating layer 135, and the connection electrode 134. In addition, in this example, although the connection electrode 134 was formed in the data bus line 32 and coincidence, you may form in the gate bus line 31 or the CS electrode 35, and coincidence. In addition, although a connection electrode may be formed separately from formation of a bus line, it is necessary to newly establish the production process for connection electrode formation in this case, and that much new production process will increase. As for a connection electrode, for simplification of a production process, it is desirable to form in coincidence at the time of formation of a bus line or CS electrode.

[0067] In the 7th example, since the connection electrode leading to the abnormalities in orientation can be kept away from a liquid crystal layer compared with the 6th example, the abnormalities in orientation can be reduced further. In addition, if a connection electrode is formed with the material of protection-from-light nature, since the portion will be shaded, display quality improves further. Drawing 51 is the plan of the pixel section of the 8th example, and drawing 52 is the cross section of the portion of A-B of drawing 51. The 8th example is the same as the 6th example except having formed projection 20C in the

slit of the pixel electrode 13. The slit of an electrode and the insulating projection prepared on the electrode specify the orientation field of liquid crystal. Like the 8th example, when projection 20C is prepared in a slit 21, the direction of orientation of the liquid crystal by the slit 21 and projection 20C is in agreement, and projection 20C assists division of the orientation by the slit 21, and it works so that you may make it stabilized more. Therefore, from the 6th example, orientation is stabilized and a speed of response also improves. As shown in drawing 52, projection 20C is realized by piling up the layer formed in coincidence, when forming the CS electrode 35, the gate bus line 31, and the data bus line 32, respectively. [0068] Drawing 53 and drawing 54 are drawings explaining the manufacture method of the TFT substrate of the 8th example. As shown in (1) of drawing 53, the metal (metal) film 311 of a gate layer is formed to a glass substrate 17. It leaves the portion 312 equivalent to the gate bus line 31, the CS electrode 35, and projection 20C by the photolithography method by (2). Continuation membrane formation of the gate insulator layer 313, an a-Si barrier layer, and the channel protective coat 313 is carried out by (3). It leaves the portion 314 which is equivalent to the channel protective coat 65 and projection 20C in self align by (4) with back exposure etc. The metal 321 of a contact layer and a source drain layer is formed by (5) of drawing 54. The source electrode 41, the drain electrode 42, etc. are formed by the photolithography method by (6). At this time, it also leaves a metal film

to the location equivalent to projection 20C inside a slit. The passivation film 331 is formed by (7). The contact hole 332 of the source electrode 36 and a pixel electrode is formed by (8). The ITO film 341 is formed by (9). The pixel electrode 13 is formed by the photolithography method by (10). A slit is prepared at this time.

[0069] As mentioned above, in this example, although projection 20C is formed in the slit 21 of the pixel electrode 13, compared with the former, there is no increment in a production process and the effect that orientation is further stabilized by projection 20C is acquired. In addition, although three layers, a gate bus-line layer, a channel protective coat layer, and a source drain layer, were considered for the projection in the slit of a pixel electrode as the projection in piles, it is one layer or you may make it form a projection in this example combining two-layer.

[0070] Drawing 55 is drawing showing the configuration when seeing the projections 20A and 20B in the 9th example from a direction perpendicular to a panel, and drawing 56 is drawing showing the actual plan of the pixel section of the 9th example. The panel of the 9th example of this invention makes the configuration of the projections 20A and 20B in the panel of the 1st example crooked in zigzag like the 6th example, and the orientation of quadrisection was obtained. Since the 90 degrees of the directions of a projection side differ at a time and they carry out orientation of the liquid crystal molecule in the perpendicular direction on the surface of a projection on both sides of a straight

portion, the orientation of quadrisection is obtained. The thickness (cel thickness) of a liquid crystal layer is 4.1 micrometers, and width of face is [ the height of projection 20A of CF substrate ] specifically 1.4 micrometers in 10 micrometers. Width of face was [ height ] 1.2 micrometers in 5 micrometers, the gap (gap of the direction to which 45 degrees inclined by a diagram) of Projections 20A and 20B is 27.5 micrometers, and, as for projection 20B of a TFT substrate, the pixel size (pixel array pitch) manufactured the panel of the conditions which are 99micrometerx297micrometer. Consequently, the speed of response was the same as the 1st example, the viewing-angle property was the same as the property of the 6th example, and it was a very good property with equal four directions. A projection material also involves and the optimal width of face of a projection, height, and a gap change further also according to the conditions of \*\*, such as an orientation film material, a liquid crystal material, and cel thickness, while they are deeply related mutually.

[0071] The inclination direction of liquid crystal is controllable by the panel of the 9th example mainly in the four directions. Although the field where the portion shown by A, B, C, and D is controlled by drawing 55 in these four directions is shown, the ratio in that 1 pixel is not equal. In order that this may make a projection pattern the continuous thing and a projection pattern may arrange it in the same location by each pixel, it is because the repeat pitch of a projection pattern is doubled with the array pitch of a pixel. Although the viewing-angle

property shown in drawing 47 and drawing 48 in fact is acquired and the inhomogeneity of the field of orientation division had not appeared in a viewing-angle property, it is there where it cannot be said as a not much desirable condition, and the projection pattern of drawing 55 was disregarded and formed for the pixel pitch all over the substrate. The width of face of the resist made 7 micrometers and a resist gap 15 micrometers, a resist height of 1.1 micrometers, and 3.5 micrometers of cel thickness, and made the liquid crystal display of 15 molds as an experiment using the TFT substrate and CF substrate. Although the interference pattern with a gate bus line, a data bus line, etc. was seen a little, the in general good display was obtained. Although 15-micrometer resist gap was made to increase the width of face of a resist to 30 micrometers, it was the almost same result. therefore, even if a pixel size is disregarded and it forms a projection pattern by making the width of face of a projection, and a repeat pitch into a value sufficiently smaller than a pixel pitch, a good display obtains -- having -- in addition -- and the flexibility of layout will spread. It is solvable by setting up a projection or the repetition pitch of the pattern of a hollow for losing an interference pattern completely at 1 or the integral multiple for an integer of a pixel pitch. Similarly, the cycle of a projection also needs layout in consideration of the period of a pixel, and its 1 or integral multiple for an integer of a pixel pitch is desirable.

[0072] In addition, if a projection pattern is made into what does not continue as shown

in drawing 57 in the 9th example, the ratio of the field controlled in the four directions within 1 pixel can equalize. However, even if it is this, a manufacture top does not have especially a problem. However, since a projection pattern does not continue and the direction of orientation of liquid crystal is in disorder in the edge portion, deterioration of display quality, such as optical leakage, is produced. It is desirable to use the repeat pitch of a projection pattern as the continuous projection pattern like drawing 55 also from such a point according to the array pitch of a pixel.

[0073] In the 9th example, the projection of the dielectric crooked in zigzag was prepared on an electrode 12 and 13 as a domain regulation means, and this has regulated the direction of orientation of liquid crystal. As mentioned above, if a slit is prepared in an electrode, slanting electric field will arise into the edge portion, and it will work as a domain regulation means similar to a projection. Slanting electric field are similarly generated about the edge of a pixel electrode. Therefore, it is necessary to also take into consideration slanting electric field with the edge of a pixel electrode as a domain regulation means. Drawing 58 is this drawing that gives phenomenon explanation, and shows the case of the inclination perpendicular orientation to which it inclined a little perpendicularly here. As shown in (1) of drawing 58, when not impressing voltage, orientation of each liquid crystal molecule 14 is carried out almost perpendicularly. If voltage is impressed among electrodes 12 and 13, in the field except the periphery of an electrode

13, electric field will occur in the direction perpendicular to electrodes 12 and 13, and the liquid crystal molecule 14 will incline in the direction perpendicular to this electric field. Although one electrode is a common electrode, the electrode of another side is a display pixel electrode, and since it has dissociated for every display pixel, as shown in (2) of drawing 58, the direction of electric field 8 inclines in the periphery (edge) section. Since the liquid crystal molecule 14 inclines in the direction which becomes perpendicular to the direction of electric field 8, the inclination directions of liquid crystal differ with the core and edge of a pixel like illustration, and it generates the phenomenon called a reverse tilt. If this reverse tilt occurs, a schlieren organization will be formed in a display pixel field, and display quality will deteriorate.

[0074] Generating of such a reverse tilt is also the same as when establishing a slanting bank in zigzag to a pixel electrode edge like the 9th example. Drawing 59 is drawing showing the portion 51 in which it gazed at the schlieren organization in the configuration which prepared the projection pattern crooked in the zigzag of the 9th example. Moreover, drawing 60 is drawing which expanded near the portion 51 where it gazed at the schlieren organization, and the inclination direction of the liquid crystal molecule 14 at the time of voltage impression is shown. In this example, with the pixel electrode substrate with which TFT is formed as a projection material, and the opposite substrate with which a common electrode is formed, the projection was formed with a different material and it



assembled, without printing a perpendicular orientation film and carrying out rubbing processing on it. Cell thickness could be 3.5 micrometers. The portion 51 in which it gazed at the schlieren organization is a part where the inclination direction of the liquid crystal molecule toppled by the orientation restraining force by slanting electric field differs from the orientation regulation direction by projection greatly at the time of voltage impression. It becomes the cause by which this reduces contrast, reduces a speed of response, and reduces display quality. [0075] Moreover, when the liquid crystal display of a configuration of having prepared the projection pattern crooked in the zigzag of the 9th example was driven, it set to a part of display pixel, and the display became dark and the phenomenon called the after-image a pre- display remains and is in sight for a while in the display of an animation, a cursor advance, etc. occurred. Drawing 61 is drawing showing the field which looks black within a pixel in the liquid crystal panel of the 9th example. In this field, it turned out that change of the orientation condition at the time of voltage impression is very slow.

[0076] (1) of drawing 62 is the cross section of A-A' in drawing 61, and (2) of drawing 62 is the cross section of B-B'. Although there is a field which looks [ show / in drawing 61 ] black near a left-hand side edge in the cross section of A-A', there is no field which looks black near a right-hand side edge. Although the inclination direction of the liquid crystal molecule toppled by the orientation restraining force by slanting electric field differs from the orientation regulation

direction by projection greatly near a left-hand side edge corresponding to this as shown in (1) of drawing 62, near a right-hand side edge, the inclination direction of the liquid crystal molecule toppled by the orientation restraining force by slanting electric field and the orientation regulation direction by projection are comparatively in agreement. Although similarly the field which looks black is near a right-hand side edge in the cross section of B-B' Although the inclination direction of the liquid crystal molecule toppled by the orientation restraining force by slanting electric field differs from the orientation regulation direction by projection greatly near a right-hand side edge as there is no field which looks black near a left-hand side edge and it is shown in (2) of drawing 62 corresponding to this Near a left-hand side edge, the inclination direction of the liquid crystal molecule toppled by the orientation restraining force by slanting electric field and the orientation regulation direction by projection are comparatively in agreement. [0077] As mentioned above, it turns out at the time of voltage impression that the part where the inclination direction of the liquid crystal molecule toppled by the orientation restraining force by the slanting electric field of the edge of a display pixel electrode differs from the orientation regulation direction by projection greatly is the cause of deterioration of display quality. Moreover, when the liquid crystal display of a configuration of having prepared the projection pattern was driven, deterioration of display quality was seen [ near the bus line (a gate bus line, data bus line) ] within

the pixel. This is for the very small field (domain) which is not desirable to occur near the bus line, and for turbulence and a speed of response to fall [ the orientation of liquid crystal ] with the generating. Thereby, problems in halftone, such as a fall of a viewing-angle property and a fall of a color property, have occurred.

[0078] Drawing 63 is drawing showing basic arrangement of the projection in LCD of the 10th example. The range specified with the cel electrode 13 acts as a pixel, and this portion is made to call a viewing area, a call, and the other portion the outside of a viewing area here. Usually, although the bus line made from the metallic material although a bus line and TFT were prepared in the portion besides a viewing area has protection-from-light nature, TFT makes light penetrate. Therefore, the protection-from-light member called a black matrix (BM) is prepared in the portion between TFT and a cel electrode, and a bus line.

[0079] He prepares projection 20A in the portion besides the viewing area on the opposite (common) electrode 12 of the CF substrate 16, and is trying to produce orientation restraining force in the 10th example in the different direction from the orientation restraining force by the slanting electric field produced with the edge of the pixel electrode 13. Since the condition at the time of no voltage impressing is shown and perpendicular orientation processing is performed, (1) of drawing 63 carries out orientation of the liquid crystal molecule 14 almost at right angles to the surface of electrodes 12 and 13 and projection 20A. If

voltage is impressed, as shown in (2) of drawing 63, orientation of the liquid crystal molecule 14 will be carried out in the direction which becomes perpendicular to electric field 8. Out of a viewing area, since there is no pixel electrode 13, it applies out of a viewing area near the edge of the pixel electrode 13, and electric field become slanting. Although it is going to carry out orientation of the liquid crystal molecule 14 in the different direction from the orientation in a viewing area for this slanting electric field as shown in (2) of drawing 58, as the orientation restraining force of projection 42 shows to (2) of drawing 63, orientation will be carried out in the same direction as the orientation in a viewing area.

[0080] Drawing 64 is drawing showing the projection pattern in the 10th example. Moreover, drawing 65 is drawing which expanded the portion surrounded with the circle by drawing 64. In the 10th example, in order to realize basic arrangement of drawing 63 in the 9th example, the auxiliary projection is prepared. It is drawing showing the pattern of the projection train in the example applied to the method which establishes the projection train crooked in zigzag as a domain regulation means by VA method. As compared with drawing 59, the auxiliary projection 52 is newly provided near [ where it gazed at the schlieren organization ] the portion so that clearly. This auxiliary projection 52 has led to projection train 20A prepared on a counterelectrode 12, and is formed in one. In the portion which formed the auxiliary projection 52, relation shown in drawing 63

was realized, since the orientation of the liquid crystal molecule 14 in the edge portion of a pixel electrode was in agreement with the orientation in a viewing area as shown in drawing 65, it did not gaze at the schlieren organization at which it gazed by drawing 59, but its display quality improved. In addition, drawing 258 shows the example which formed the auxiliary projection 52 in drawing 65 so that the edge of the pixel electrode 13 might be countered. In this case, it did not gaze at the schlieren organization.

[0081] In addition, in the 10th example, although acrylic transparence resin was used as a projection, it is also possible to use a black thing, and since the leakage light for a height can be intercepted if a black thing is used, contrast improves. Although drawing 63 and drawing 64 showed the example which forms the auxiliary projection 52 as a domain regulation means outside a field out of a viewing area, it is also possible to prepare a hollow (slot) instead of a projection. However, a hollow needs to prepare in a TFT substrate side.

[0082] As long as the domain regulation means outside a field has suitable orientation restraining force, what kind of thing is sufficient as it. For example, it is known that the direction of orientation will change specific wavelength, such as ultraviolet rays, at an orientation film if light is irradiated, and changing some directions of orientation besides a viewing area using this can also realize the domain regulation means outside a field. Drawing 66 is drawing explaining change of the direction of orientation by the exposure of ultraviolet rays. If a perpendicular

orientation film is applied to a substrate side and the ultraviolet rays which are not polarized [ a 45-degree direction to ] are irradiated by a certain angle and (2) from one direction there as shown in (1) of drawing 66, it is known that the direction of orientation of the liquid crystal molecule 14 will fall on the direction of radiation of ultraviolet rays from a perpendicular.

[0083] Drawing 67 is drawing showing the modification of the 10th example, and irradiated ultraviolet rays from the direction shown in the portion 43 of the orientation film by the side of the TFT substrate which counters the auxiliary projection 52 as a domain regulation means outside a field shown in drawing 64 by the arrow head 54. Thereby, a portion 53 comes to have the orientation restraining force committed in the direction which offsets the effect of the slanting electric field in the edge of the cel electrode 13. Therefore, the same effect as the 10th example shown in drawing 64 is acquired. In addition, although ultraviolet rays were irradiated only at the TFT substrate side, you may make it irradiate the CF substrate 16 side in drawing 67 at both a chisel or a TFT substrate, and CF substrate. In addition, it is necessary to set up the direction of radiation of ultraviolet rays the optimal by the reinforcement of the orientation restraining force by exposure conditions, and balance with the orientation restraining force by slanting electric field. [0084] the domain regulation means outside a field reduces the effect of the orientation on the liquid crystal molecule in the viewing area of the slanting electric field produced with the edge of a cel electrode, and is stable

in the orientation of the liquid crystal molecule in a viewing area -- since it prepares for last reason, it is applicable not only to VA method but other methods. Here, the desirable arrangement to the edge of the projection which works as a domain regulation means, and the pixel electrode 13 of a hollow is considered. Drawing 68 is drawing showing the example of the fundamental physical relationship of the projection which works as the edge and domain regulation means of a pixel electrode. As are shown in (1) of drawing 68, and projection 20B is arranged at the edge of the pixel electrode 13 or it is shown in (2) of drawing 68 As projection 20A is arranged at the portion of the counterelectrode 12 which counters the edge of the pixel electrode 13 or it is shown in (3) of drawing 68 Projection 20B by the side of the TFT substrate 17 is arranged for projection 20A by the side of the CF substrate 16 out of a viewing area inside a viewing area to the edge of the pixel electrode 13.

[0085] A projection is arranged at the edge or the portion which counters of the pixel electrode 13, and the field related to the direction of orientation of liquid crystal is divided by projection with an edge (1) of drawing 68, and (2). It stops therefore, affecting the orientation in a viewing area at all whatever the slanting electric field besides a viewing area. Therefore, within a viewing area, the stable orientation is obtained and display quality is improved.

[0086] According to the arrangement conditions of (3) of drawing 68, since the direction of the orientation restraining force by the slanting electric field in the edge of

the pixel electrode 13 and the orientation restraining force by projection is in agreement, the orientation which did not generate the domain but was stabilized is obtained. In addition, the conditions which make in agreement the direction of the orientation restraining force by slanting electric field and the orientation restraining force by the domain regulation means can be realized also when using a hollow instead of a projection. Drawing 69 is drawing showing the edge at the time of realizing the arrangement conditions which are equivalent to (3) of drawing 68 in a hollow, and arrangement of a hollow. That is, hollow 23A by the side of the CF substrate 16 is arranged for hollow 23B by the side of the TFT substrate 17 out of a viewing area inside a viewing area to the edge of the pixel electrode 13.

[0087] Drawing 70 is LCD which established the straight line-like (shape of stripe) projection train as a domain regulation means like the 1st example, is drawing showing the array of the projection train which realized the conditions of (3) of drawing 68, and shows a cross section to (2) for the plan seen from the bottom to (1). With the configuration of drawing 70, the height of a projection was set to 40 micrometers, and after the width of face of about 2 micrometers and a projection stuck two substrates, it made the gap of 7 micrometers, a projection, and a projection the structure where the projection of a TFT substrate and the projection of CF substrate were arranged by turns. In addition, although a projection will be arranged between the pixel electrodes 13 in the TFT

substrate 17 since the conditions of (3) of drawing 68 are realized, since the gate bus line 31 is formed between the pixel electrodes 13, the projection arranged between the pixel electrodes 13 will be located on the gate bus line 31.

[0088] In LCD of drawing 70, since a domain like before which is not desirable was not observed and did not have a portion with a slow switching speed, either, the after-image etc. was not observed but good display quality was acquired. In addition, in drawing 70, if projection 20B arranged between the pixel electrodes 13 is arranged on the edge of the pixel electrode 13, the conditions of (1) of drawing 68 will be realized, and if Projections 20A and 20B are arranged to the substrate of reverse by the arrangement, the conditions of (2) of drawing 68 will be realized. Although it may be arranged to the TFT substrate 17 side or may be arranged to the CF substrate 16 side, when a gap of the lamination of a substrate is taken into consideration, as for the projection arranged in the location which counters an edge top or an edge, it is desirable to form in the edge of the cel electrode 13 by the side of the TFT substrate 17.

[0089] Drawing 71 is the projection of another pattern configuration, is drawing showing the array of the projection train in LCD of the 11th example which realized the conditions of (3) of drawing 68, and shows a cross section to (2) for the plan seen from the bottom to (1). Like illustration, the grid of a projection has been arranged like the squares between the cel electrodes 13, and sequential formation of the projection of this

and an analog was further carried out toward the inside of each pixel. If such a projection pattern is used, the direction of orientation can be quadrisected in each pixel. However, the rate of each orientation direction cannot be made equal. Also in this case, a projection pattern in a grid pattern will be arranged on the gate bus line 31 and the data bus line 32 which were prepared between the cel electrodes 13.

[0090] In addition, also in drawing 71, if projection 20B arranged between the cel electrodes 13 is formed in the portion which counters the edge of the cel electrode 13 of the TFT substrate 17, or the edge of the CF substrate 16, (1) of drawing 68 and the conditions of (2) will be realized. It is desirable to form a projection in the edge of the cel electrode 13 by the side of the TFT substrate 17 also in this case. Although drawing 71 showed the example which also formed the projection in the shape of [ rectangular ] a grid according to the rectangular cel electrode, since a projection is a rectangle, the rate of each orientation direction cannot be made equal. Then, it is possible to use the projection train crooked in zigzag as shown in the 9th example. However, as drawing 59 and drawing 61 explained, unless a projection like drawing 64 is prepared, the domain which is not desirable occurs near the edge of the cel electrode 13. For this reason, it is possible to use not the projection that continued as shown in drawing 72 but the projection which became independent every pixel 13. However, since the abnormalities in orientation arise in the portion shown by T of a pixel 13 and the distance from the

electric-field control section (TFT) 33 differs when the projections 20A and 20B shown in drawing 72 are formed, the problem that a speed of response falls arises. It is the projection train crooked in zigzag to the rectangular pixel, and it is impossible to fill with all edges the arrangement conditions over the edge of the cel electrode of a projection shown in drawing 68. This problem is solved in the 12th example.

[0091] Drawing 73 is the pixel electrode 13 in the 12th example, the gate bus line 31, the data bus line 32, TFT33, and drawing showing the configuration of Projections 20A and 20B. Like illustration, it considered as the configuration where the pixel electrode 13 was also set by the configuration crooked in the zigzag of Projections 20A and 20B, in the 12th example. If it is this configuration, it does not generate, but since the distance from the electric-field control section 33 to the edge of the pixel electrode 13 is equal, the abnormalities in orientation can also improve a speed of response. In addition, the gate bus line 31 also makes zigzag crooked in the 12th example according to the configuration of the pixel electrode 13.

[0092] In addition, if the projection arranged on the gate bus line 31 is formed in the portion which counters the edge of the pixel electrode 13, or the edge of the CF substrate 16, (1) of drawing 68 and the conditions of (2) will be realized. It is desirable to form a projection in the edge of the pixel electrode 13 by the side of the TFT substrate 17 also in this case. However, it is only an edge parallel to the gate bus line 31 that the conditions of drawing 68 are realized, and it is not satisfied about an edge parallel to the

data bus line 32. Therefore, about this portion, it will be influenced of slanting electric field and the problem explained by drawing 61 arises from drawing 58.

[0093] Drawing 74 is the pixel electrode 13 of the modification of the 12th example, the gate bus line 31, the data bus line 32, TFT33, and drawing showing the configuration of Projections 20A and 20B. Although it was made the configuration where the gate bus line 31 was also crooked in zigzag according to the configuration of the cel electrode 13 crooked in zigzag, in the 12th example of drawing 73, the gate bus line 31 can also be made to become the configuration where the data bus line 32 was crooked in zigzag in a straight line by the configuration of the cel electrode 13 being shown in drawing 74. In addition, in drawing 74, Projections 20A and 20B are projections which did not become independent for every pixel but continued over two or more pixels. Projection 20B is prepared on the data bus line 32 prepared in the vertical direction to the field between the cel electrodes 13, and the conditions of (3) of drawing 68 are realized. Also in arrangement of drawing 74, if the projection arranged on the data bus line 32 is formed in the portion which counters the edge of the cel electrode 13, or the edge of the CF substrate 16, (1) of drawing 68 and the conditions of (2) will be realized. It is desirable to form a projection in the edge of the cel electrode 13 by the side of the TFT substrate 17 also in this case.

[0094] In addition, in arrangement of drawing 74, the projection is crossing the edge of the cel electrode 13 parallel to the gate bus line 31. Therefore, about this

portion, it will be influenced of slanting electric field and the problem explained by drawing 61 arises from drawing 58. Drawing 75 is drawing showing another modification of the 12th example. It is made for crookedness of a projection to produce twice the arrangement shown in drawing 75 within a pixel. Thereby, since the configuration of a pixel becomes close to a rectangle from drawing 74, a display becomes legible.

[0095] Drawing 76 is the cel electrode 13 of the 13th example, the gate bus line 31, the data bus line 32, TFT33, and drawing showing the configuration of Projections 20A and 20B, and drawing 77 is the A-A' cross-section and B-B' cross section shown in drawing 76. Although the domain regulation means outside a field was established out of the viewing area and the pixel electrode was made into the configuration crooked in zigzag in the 12th example in the 10th example in order to reduce the effect by the slanting electric field of the edge portion of the pixel electrode 13 in the case of having the projection train crooked in zigzag, it is difficult to lose effect completely. Then, the portion which orientation as shown in drawing 59 and drawing 61 is disturbed, and the domain which is not desirable produces is shaded by the black matrix (BM) 34, and it is made not to influence a display in the 13th example. [0096] Since the portion of A-A' shown in drawing 76 is not influenced of slanting electric field, as it is shown in (1) of drawing 77 as usual, BM34 is narrowed, and since the effect of slanting electric field is large, the portion of B-B' makes width of face of

BM34 large compared with the former, and is made not to be displayed. If it is this, display quality will not deteriorate and the fall of an after-image or contrast will not be produced. However, since the area of BM34 increases, a numerical aperture decreases and the brightness of a display falls.

However, it does not become a problem if the area which BM34 increases is not so large. [0097] As mentioned above, if it is the 13th example, since the effect of the slanting charge in the edge portion of a pixel electrode can be reduced from the 10th example, display quality improves. Although the orientation of liquid crystal is divided by establishing a domain regulation means in the example explained until now It will be divided into bearing in which 180 degrees of domains differ in the portion of a domain regulation means if the orientation of the boundary portion of a domain is observed in details. It turned out that the very small domain where 90-degree bearings differ exists in the boundary portion between domains (on a projection, a hollow, or a slit), and the field which looks dark exists in the boundary (the edge of a projection near [ If it is a projection ]) of each domain also including a very small domain. Such a field that looks dark caused decline in a numerical aperture, and the display became dark and it had a problem of the end. As mentioned above, it is necessary to prepare CS electrode used as the factor which reduces a numerical aperture, to have established the black matrix (BM) which otherwise shades the perimeter of a TFT portion or a display pixel electrode, and to make it not cause decline in a numerical

aperture as much as possible in the liquid crystal display using TFT.

[0098] Although it already explained that the auxiliary capacity (Storage Capacitor) by CS electrode was used, an operation and electrode structure of auxiliary capacity are explained briefly here. (1) of drawing 78 is drawing showing the circuit for every pixel in the liquid crystal panel which has auxiliary capacity. As shown in drawing 17, the CS electrode 35 is formed in parallel with the cel electrode 13 so that a capacitive element may be constituted through a dielectric layer between the cel electrodes 13. Since the CS electrode 35 is connected to the same potential as the common electrode 12, as shown in (1) of drawing 78, the auxiliary capacity 2 is formed in the capacity 1 and juxtaposition by liquid crystal. When impression of the voltage to liquid crystal 1 is performed, impression of voltage is similarly performed in the auxiliary capacity 2, and the voltage held at liquid crystal 1 is held also by the auxiliary capacity 2. Since the auxiliary capacity 2 cannot be easily influenced of voltage change, such as a bus line, compared with liquid crystal 1, it controls an after-image and a flicker and there is an effect in control of the poor display by the TFT OFF state current etc. In forming the CS electrode 35, in order to make a process simple, it is desirable to form in the same layer as the gate (gate bus line) which constitutes a TFT element, the source (data bus line), or a drain (cel) electrode with the same material. Since these electrodes are formed with an opaque metal from the relation of precision, its CS electrode 35 is

also opaque. As mentioned above, since CS electrode is formed in parallel with the cel electrode 13, the portion of CS electrode cannot be used as a display pixel, but the part numerical aperture falls.

[0099] While low-power-ization is advanced, as for the liquid crystal display, improvement in display brightness is demanded. Therefore, the thing of a numerical aperture high as much as possible is desirable. On the other hand, in order that the leakage light of these portions may reduce display quality, if a protection-from-light material is used for a projection or it is a slit, shading by BM etc. is desirable [ as explained until now, a slit is prepared in a projection or an electrode for improvement in display quality, but ].

However, this becomes the factor which reduces a numerical aperture. Therefore, it is desirable by piling these up as much as possible to prevent decline in a numerical aperture as much as possible.

[0100] (2) of drawing 78 is an example of arrangement of the CS electrode 35 and Projections 20A and 20B considered when arranging much projections of narrow width of face. Although it is prepared so that Projections 20A and 20B may lap with some CS electrodes 35, the portion with which the direction of the CS electrode 35 does not lap since width of face is wide also exists.

Drawing 79 is drawing showing arrangement of the projection 20 (20A, 20B) in the 14th example, and the CS electrode 35, (1) shows a plan and (2) shows a cross section. Like illustration, the CS electrode 35 is divided and is prepared in the bottom of Projections 20A and 20B. In order to



realize auxiliary capacity of a predetermined capacity, a predetermined area is required for the CS electrode 35. If each CS electrode 35 divided into five of drawing 79 is set, it will become the same area as the CS electrode 35 shown in (2) of drawing 78. And in drawing 79, since the CS electrode 35 and Projections 20A and 20B have lapped altogether, the decline in a numerical aperture is only low Shimowake by CS electrode substantially. Therefore, even if it prepares a projection, a numerical aperture will not fall. Arrangement of the 14th example is applicable if it is the configuration which uses a projection as a domain regulation means.

[0101] Drawing 80 is drawing showing the slit 21 of electrodes 12 and 13 and the arrangement of the CS electrode 35 in the modification of the 14th example, (1) shows a plan and (2) shows a cross section. Although a slit 21 works as a domain regulation means, since the portion produces leakage light, shading is desirable. Here, like the 14th example, the CS electrode 35 is divided, each is arranged into the portion of a slit 21, and leakage light is shaded. In addition, since the area of the sum total of the CS electrode 35 is the same, there is no decline in a numerical aperture.

[0102] Drawing 81 is drawing showing the slit 21 of electrodes 12 and 13 and the arrangement of the CS electrode 35 in the modification of the 14th example, (1) shows a plan and (2) shows a cross section. Except that the projection is crooked in zigzag, it is the same as drawing 79. Drawing 82 is drawing showing the slit 21 of electrodes 12 and 13 and the arrangement of the CS

electrode 35 in the modification of the 14th example, (1) shows a plan and (2) shows a cross section. By the case where the area of the sum total of Projections 20A and 20B of this modification is larger than the area of the CS electrode 35, the CS electrode 35 is formed corresponding to the edge section of Projections 20A and 20B, and CS electrode is not prepared in the center section of the projection. The very small domain where 90-degree azimuths which exist near the summit of a projection differ by this can be utilized effective in a display, and a brighter display is obtained.

[0103] The configuration which divides the CS electrode 35 and is arranged into the portion of a domain regulation means is applicable also to the configuration which uses a hollow as a domain regulation means. In the 14th example explained above, decline in the numerical aperture at the time of using a domain regulation means can be prevented. Drawing 83 is drawing showing the projection pattern of the 15th example. In the 15th example, when the straight line-like projections 20A and 20B are arranged in parallel to the up-and-down substrate, respectively and it sees from the surface of a substrate, it arranges so that these projections 20A and 20B may intersect a right angle mutually. In the condition of not impressing voltage to inter-electrode, although orientation of the liquid crystal molecule 14 is perpendicularly carried out to the substrate surface, orientation of the liquid crystal molecule near the slant face of Projections 20A and 20B is carried out at right angles to a slant face. Therefore, the liquid crystal molecule near the slant face of

Projections 20A and 20B inclines in this condition, and, moreover, the directions of an inclination differ 90 degrees near projection 20A and near projection 20B. If voltage is impressed to inter-electrode, a liquid crystal molecule will incline in the direction which becomes parallel to a substrate, but since it is regulated in the direction which is [ near projection 20A and near projection 20B ] different 90 degrees, it is twisted (it twists). Change of the image at the time of [ in the 15th example ] twisting is the same as TN mold shown in drawing 2, the time of no voltage impressing is in the condition shown in (3) of drawing 2, and it differs in that the time of voltage impression will be in the condition which shows in (1). Moreover, as shown in drawing 83, in the 15th example, four different twist fields are formed within limits surrounded by Projections 20A and 20B. Therefore, a viewing-angle property is also good. In addition, the directions of the twist differ in an adjoining field.

[0104] Drawing 84 is drawing explaining why the speed of response in the 15th example becomes quicker than the speed of response in the 1st example. (1) of drawing 84 shows the condition of not impressing voltage, and it is carrying out orientation of the liquid crystal molecule at right angles to a substrate. If voltage is impressed, as shown in (2), by LCD of the 15th example, it will incline so that it may twist. On the other hand, in LCD of the 1st example, as shown in (3), the liquid crystal molecule of other portions carries out orientation by making into a trigger the liquid crystal molecule which is in contact with the

projection, but since it is not regulated, the liquid crystal near the center of an up-and-down projection carries out orientation of the orientation in the same direction, as shown in (4), after it flusters at the time of change \*\*\*\* and between a certain degree degree hours passes. Change which not only LCD of VA method which used the projection but LCD generally twists is high-speed, and a speed of response becomes [ the direction of the 15th example ] a high speed from the 1st example.

[0105] Drawing 85 is drawing showing the viewing-angle property of LCD of the 15th example. Even if the viewing-angle property is very good like LCD of VA method of the 1st example, and is better than TN method, of course and it compares it with an IPS method, it is more than an EQC. (1) of drawing 86 is drawing showing the speed of response in change between 16 gradation eye, 32 gradation eyes, 48 gradation eyes, 64 gradation eyes, and black (1 gradation eye) in the case of performing 64 gradation displays by LCD of the 15th example. The speed of response of the multi-domain VA method which used the parallel projection of the 1st example for (1) of drawing 87 for the speed of response of the mono-domain VA method which does not divide orientation into (2) of drawing 86 for the speed of response of TN method as reference is shown in (2) of drawing 87. For example, the speed of response from all black to all whites is 19ms in the 15th example to being 19ms by 19ms and the multi-domain VA method in TN method, and is the same level as other VA methods in 58ms and a mono-domain VA method. Even if it measures the speed of

response from all whites to all black against VA method of the 6ms and others in the 15th example to being 12ms in 21ms and a mono-domain VA method by 12ms and the multi-domain VA method, it is good in TN method. Furthermore, for 30ms, the speed of response from all black to 16 gradation eye is 28ms in the 15th example to being 130ms in 50ms and a multi-domain VA method, is the same level as TN method in a mono-domain VA method, and is farther [ than other VA methods ] good in TN method. By 21ms and the mono-domain VA method, the speed of response from 16 gradation eye to all black was 4ms in the 15th example to being 18ms in 9ms and a multi-domain VA method, and was better than any of other methods in TN method. In addition, about the IPS method, the speed of response was very slow compared with other methods, and the speed of response from all black to all whites and the speed of response from all whites to all black was [ the speed of response from 16 gradation eye to all black of the speed of response from all black to 16 gradation eye ] 75ms for 200ms for 75ms.

[0106] Thus, a viewing-angle property and the speed of response of LCD of the 15th example are very good. Drawing 88 is drawing showing other projection patterns which realize VA method of the above twist molds. In (1) of drawing 88, it is intermittent so that it may extend in each substrate and it may not be intersected at a right-angled 2-way, Projections 20A and 20B are formed, and two substrates are arranged so that it may cross, when each projection sees from a substrate. In this example, four twist fields are formed in a different form from drawing

83. In each twist field, the direction of the twist is the same and the rotation location has shifted by a unit of 90 degrees. Moreover, in (2) of drawing 88, it extends in a 2-way right-angled to each substrate, and the projections 20A and 20B which cross mutually are formed, and it shifts and arranges in both directions. In this example, two twist fields where the twist directions differ are formed.

[0107] In drawing 83 and drawing 88, the projections 20A and 20B prepared in two substrates do not need to cross so that it may intersect perpendicularly. Drawing 89 shows the example arranged so that the projections 20A and 20B of drawing 83 may cross angles other than 90 degrees.

Although four twist fields where the twist directions differ also in this case are formed, the amounts of twists will differ in two fields which counter.

[0108] Furthermore, the same result was obtained even if it prepared the slit instead of the projections 20A and 20B shown by drawing 83, drawing 88, and drawing 89. By the frame surrounded by Projections 20A and 20B, [ near the projection ], there is nothing that controls orientation, and since it is far from a projection, orientation turbulence comes to be easy in the center section with the 15th example of drawing 83. For this reason, since orientation is stabilized, time amount is taken, and it is expected that the speed of response of a center section becomes slow. Since it is strongly influenced of the projection used as two adjacent sides, the amount of [ of a frame ] corner of a response is the quickest. The effect of the orientation in the portion of

this angle collides [ then / propagation and /, ] with the effect of other twist fields in the center section, a field is decided, and it is stabilized. Thus, since all liquid crystal does not carry out orientation to coincidence at the time of voltage impression, a certain portion carries out orientation previously and it gets across to the perimeter, in the center section distant from the projection, a speed of response becomes slow. Moreover, when it crosses like drawing 83 for example, and the frame to make serves as a square, it is transmitted from four corners, but when the frame which crosses like drawing 89 and is made is a parallelogram, it is transmitted from the acute angle portion to which the effect of a projection becomes strong more to a center section, and effect collides in the center section and it gets across to the angle of an obtuse angle portion further. For this reason, a speed of response becomes [ the direction in case a frame is a parallelogram from a square ] slow. In order to solve such a problem, as shown in drawing 90, projection 20D [ \*\*\*\* / a frame ] is prepared in the center section of the frame. For example, things and a good speed of response were obtained as Projections 20A and 20B made projection 20D the rectangular-head drill of the square whose base is 5 micrometers by setting width of face to 5 micrometers, and setting the gap of 1.5 micrometers and a projection to 25 micrometers for height.

[0109] Drawing 91 is the example which prepared the projection in the center of the frame of the projection pattern of drawing 89. Thereby, the same result as drawing 83 was obtained. In the configuration which the projections 20A and 20B shown by drawing

83, drawing 88, and drawing 89 intersect, if it is made for the sum of the height of Projections 20A and 20B to become equal to the gap of a substrate, i.e., the thickness of a liquid crystal layer, the thickness of a liquid crystal layer can be specified in the portion which Projections 20A and 20B intersect. It becomes unnecessary thereby, to use a spacer.

[0110] Drawing 92 is drawing showing the panel structure in the 16th example, and (1) shows the perspective diagram of the portion in which (2) is equivalent to one grid in a side elevation. Moreover, drawing 93 is drawing which looked at the projection pattern in the 16th example from the direction perpendicular to a panel. Like illustration, in the 16th example, projection 20A is formed in the shape of [ which crossed on the electrode 12 prepared on one substrate ] a matrix, and rectangular-head drill-like projection 20B is formed in the location equivalent to the center position of the grid which counters on the electrode of the substrate of another side. In the field shown in (2) of drawing 92, by the principle shown in (2) of drawing 12, orientation is divided and, moreover, it is divided equally [ four directions ]. In the result made [ an inter-electrode distance (thickness of a liquid crystal layer) ] the height of a projection for the gap of the longitudinal direction of Projections 20A and 20B as an experiment by 5 micrometers to 3.5 micrometers at 10 micrometers, the viewing-angle property was comparable as the thing of the 1st example shown in drawing 22 in fact.

[0111] Drawing 257 is drawing showing the

modification of the 16th example, (1) shows a projection pattern and (2) shows a cross section. This modification makes reverse arrangement of the projection of the shape of a matrix of the 16th example, and a rectangular-head drill-like projection. That is, projection 20A arranged on the electrode 12 of the CF substrate 16 is made into the shape of a rectangular-head drill, and projection 20B by the side of the TFT substrate 17 is made into the crossing shape of a two-dimensional matrix. Projection 20A is arranged at the center of a pixel 9, and projection 20B considers as the same pitch as a pixel array, and is arranged on the bus line between pixels 9. Therefore, orientation of the liquid crystal is carried out in the four directions into each pixel. As shown in (2) of drawing 257, a domain is divided by projection 20A in the center of a pixel. Moreover, arranged projection 20B divides orientation into the outside of the pixel electrode 13 like illustration on the boundary of a pixel. Furthermore, in this portion, the edge of a pixel electrode works as a domain regulation means. Since the orientation restraining force and the orientation restraining force of the edge of a pixel electrode by projection 20B are in agreement, stable orientation division can be performed. In this modification, since distance with the edge of projection 20A, projection 20B, and the pixel electrode 13 is long, a speed of response falls a little, but since it is only projection 20A, that it is in a pixel has a small area which a projection occupies within a pixel, and it can make display brightness high. Furthermore, if projection 20B is formed at the formation

production process of a bus line, since a production process will not increase, a manufacturing cost can be reduced.

[0112] The projection manufactured in the 16th example by the resist which is an insulating material as a domain regulation means to divide the orientation of liquid crystal is used from the 1st example explained above, and the configuration of the slant face of a projection is mainly used in these examples. However, an electric-field shielding effect is also very important for an insulating projection. Although the drive of liquid crystal is generally performed by the alternating current wave form, it is necessary with an improvement of the speed of response in a liquid crystal material side to fully take into consideration about effect within one frame (for a direct current to be impressed), i.e., the effect by the direct current wave. Therefore, there is the 2nd page, an alternating current property and a direct-current property, in the drive wave of liquid crystal, and it must be satisfied with it of both requirements. Then, the above-mentioned resist arranged since it has effect of request of reducing electric field on the drive property of this liquid crystal needs to be set as predetermined conditions in the both sides of an alternating current property and a direct-current property. Specifically, a resist needs to be set up so that electric field may be reduced also as a direct-current property also as an alternating current property.

[0113] First, it needs to be high to the degree which specific resistance  $\rho$  affects from a viewpoint of a direct-current property to resistance of a liquid crystal layer. That is,

in order to be set as the specific resistance (the liquid crystal for example, a TFT drive is a value about 1012ohmcm or beyond it) of liquid crystal, and the value more than an EQC, the value more than 1012-ohmcm is required, and it is still more desirable if it is more than 1013-ohmcm. Next, in order for a resist to have the operation which reduces the electric field of the liquid crystal layer [ directly under ] of it from a viewpoint of an alternating current property, it is required for the electric capacity value (value decided by the dielectric constant epsilon, thickness, and the cross section) to be about 10 or less-time value (about [ as an impedance ] 1/10 or more values) compared with the electric capacity value of the liquid crystal layer under the resist. For example, since a dielectric constant epsilon is about 3, a resist is about 1 of dielectric constant epsilon of liquid crystal layer (about 10)/3, and when thickness is about 0.1 micrometers, it is about 1 of thickness (for example, about 3.5 micrometers) of liquid crystal layer/35. In this case, the capacity value of an insulator layer will be about 10 times the capacity value of the liquid crystal layer under an insulator layer. That is, since the impedance serves as a value of the abbreviation 1/10 of the impedance of the liquid crystal layer [ directly under ] of it, a resist (insulator layer) can affect electric-field distribution of a liquid crystal layer.

[0114] Therefore, in addition to the size effect by the slant face of a resist, the effect by electric-field distribution is obtained, and the firm orientation stabilized more is obtained. Although a liquid crystal molecule

inclines if voltage is impressed, the inside of an orientation division field (on a resist) is fully the electric field of low strength, and in this, the liquid crystal molecule which carries out orientation almost perpendicularly exists in stability, and acts as an obstruction (separation wall) of a domain generated on those both sides. And if still higher voltage is impressed, the liquid crystal in a division field (on a resist) also begins to incline shortly. However, the domain previously formed in both the sides of a resist inclines in the direction almost level to a resist shortly. (Very firm orientation is obtained.) In order to acquire this condition, the insulating layer (resist) of a division field needs to have about 10 or less times [ of the liquid crystal layer / directly under / of it ] capacity value. That is, a dielectric constant epsilon is good and the thicker thing of thickness is [ a small material ] better [ a dielectric constant ]. Although the dielectric constant epsilon shows that the insulator layer of thickness 0.1 micrometers or more is good by about 3, if the insulator layer which has the still smaller dielectric constant epsilon and still thicker thickness is used, much more desirable operation and effect can be acquired. Although the dielectric constant epsilon prepared the projection of 1.5 micrometers of thickness by the novolak system resist of 3 in the 16th example from the 1st example and being observed about the orientation division condition, the orientation stabilized very much was obtained. Since the resist of a novolak system is widely used by the manufacturing process of TFT or CF, it has a big merit

(extension of equipment is unnecessary \*\*) on the occasion of application.

[0115] Moreover, even if compared with other resists and flush-ized material, it checked that high reliability was acquired and it was satisfactory. Moreover, still more desirable operation and effect can be acquired by using such an insulator layer for the substrate of both sides. In addition, the same result was obtained although the acrylic resist ( $\epsilon = 3.2$ ) also checked the effect as an insulator layer besides the above-mentioned novolak system resist.

[0116] Although the slit section is prepared in an electrode, or the projection of an insulating material is formed on an electrode and the orientation of a liquid crystal molecule was divided in the 1st to 16th example, it is also possible to make it other forms and some of those examples are shown below. Drawing 94 is drawing showing the panel structure of the 17th example, (1) is a perspective diagram and (2) is a side elevation. Like illustration, in the 17th example, the projection 50 prolonged in parallel with an one direction is formed on glass substrates 16 and 17, and electrodes 12 and 13 are formed on it. Half-pitch gap \*\*\*\*\* of the projection 50 is carried out. Therefore, electrodes 12 and 13 become the configuration where the part projected. Perpendicular orientation processing is performed on an electrode. Although electric field will become perpendicularly if voltage is impressed to inter-electrode when the electrode of such a configuration is used, the direction of orientation is divided into a 2-way bordering on a height. Therefore, conventionally, a viewing-angle property

improves. However, unlike the case where a projection is an insulating material, electric-field distribution will divide orientation according to the effect of only a configuration. Therefore, the stability of orientation is a little inferior compared with the projection of an insulating material. However, the projection prepared on an electrode as mentioned above has constraint that it is necessary to use the insulating material of a low dielectric constant, and the material which can be used has constraint. Furthermore, various kinds of conditions needed to be filled with such a material to form a projection, and after that a production process was simplified, there was a problem. On the other hand, if it is the panel structure of the 17th example, there is an advantage that there is such no constraint.

[0117] Drawing 95 is drawing showing the panel structure of the 18th example. This example is what established the slot in the insulating layer 51 prepared on the ITO electrodes 12 and 13 as a domain regulation means, and the configuration of a slot can apply the configuration of the projection and electrode slit which were shown in the 9th example from the 2nd example. In this case, the effect by the above-mentioned slanting electric field acts in the direction which stabilizes orientation like the case of a projection.

[0118] Drawing 96 is drawing showing the panel structure of the 19th example. Like illustration, in this example, electrodes 12 and 13 were formed on glass substrates 16 and 17, respectively, the layer 62 which has the slots 23A and 23B with a depth of 1.5

micrometers by width of face of 10 micrometers with a conductor material on it was formed, and the perpendicular orientation film 22 was formed on it. In addition, the thickness of a liquid crystal layer is 3.5 micrometers, and illustration of the color filter layer 39, a bus line, TFT, etc., etc. is omitted. It was observed that the orientation of liquid crystal is divided in the portion of a hollow. That is, it checked that a hollow also acted as a domain regulation means.

[0119] the panel structure of the 19th example -- the case of a projection -- the same -- a substrate -- becoming depressed -- 23A and 23B -- the same predetermined pitch 40micrometer -- arranging -- the hollows 23A and 23B of the upper bottom -- half-pitch \*\*\*\*\* -- since it arranges like, the field which becomes the orientation same between the hollows of the adjoining upper and lower sides is formed. Drawing 97 is drawing showing the panel structure of the 20th example. In the 20th example, the layer 62 which has the slots 23A and 23B with a depth of 1.5 micrometers by width of face of 10 micrometers using color filter (CF) resin, respectively was formed on glass substrates 16 and 17, electrodes 12 and 13 were formed on it, and the perpendicular orientation film was formed further. That is, some electrodes 12 and 13 have become depressed. and Projections 23A and 23B are arranged by the same predetermined pitch 40micrometer -- having -- the hollows 23A and 23B of the upper bottom -- half-pitch \*\*\*\*\* -- it is arranged like. Also in this case, the same result as the 19th example was obtained. In addition, in the 20th example,

since the structure which has a hollow is prepared in the bottom of an electrode, there is little constraint about a material and the material used in other portions, such as CF resin, can be used.

[0120] In the case of a projection and a slit, orientation is divided so that a liquid crystal molecule may spread to hard flow in the portion, but orientation is divided so that a liquid crystal molecule may face each other in the portion in the case of a hollow. That is, an operation of orientation division of a hollow has a projection, it of a slit, and the relation of reverse. Therefore, in using it combining a hollow, a projection, or a slit as a domain regulation means, an old example differs from desirable arrangement. The arrangement in the case of using a hollow as a domain regulation means is explained.

[0121] Drawing 98 is drawing showing one of the desirable examples of arrangement at the time of combining a hollow and a slit. Slits 21A and 21B are arranged in the location which counters like illustration the hollows 23A and 23B of the 20th example shown in drawing 97. Since the direction of orientation division of the liquid crystal by the hollow and slit which counter is the same, orientation is stabilized more. For example, when a hollow was formed on condition that the 20th example, width of face of a slit was set to 15 micrometers and the gap of a hollow and the center of a slit was set to 20 micrometers, the switching time was 25ms on the drive conditions of 0-5V, and was 40ms on the drive conditions of 0-3V. On the other hand, when only a slit was used, they were 50ms and 80ms, respectively.



[0122] Drawing 99 is a thing except hollow 20A and slit 21A by the side of one substrate (in this case, substrate 16) in the panel structure of drawing 98, and the field of the direction of orientation same between adjoining hollow 20B and slit 21B is formed. In addition, in the panel structure of drawing 98 and drawing 99, even if it prepares a projection in the same location instead of a slit, the same property is acquired, and a speed of response improves further.

[0123] It becomes depressed in the electrode 13 of one substrate 17, 23B is prepared, and drawing 100 is arranged by turns in the location which becomes depressed about projection 20A and slit 21A in the substrate 16 which counters, and counters 23B at it. In this case, since it becomes depressed with adjoining hollow 23B and the group of projection 20A and the directions of orientation differ in the group of 23B and slit 21A, the boundary of the field of orientation is generated near the center of a hollow.

[0124] Drawing 101 is drawing showing the panel structure of the 21st example. The 21st example is an example which applied the configuration which establishes a hollow in the electrode of the 19th example to LCD of a passive-matrix mold. Also in this case, a part of surface of electrodes 12 and 13 has become depressed, and the direction of orientation is divided bordering on the portion of a hollow. As mentioned above, an operation of orientation division of a hollow has a projection, it of a slit, and the relation of reverse. Even if there is an assembly error, it can avoid changing the rate of orientation

division using this relation. First, the assembly error in the panel structure of the 21st example is explained.

[0125] Drawing 102 is a panel cross section at the time of preparing a projection in both substrates as a domain regulation means. As explained until now, the field where orientation is regulated by projection 20A prepared on the common electrode 12 and projection 20B prepared on the cel electrode 13 is specified. In (1) of drawing 102, the field to which the field specified in the inclined plane on the right-hand side of projection 20B and the inclined plane on the left-hand side of projection 20A is specified in the inclined plane on the right-hand side of A, and the inclined plane on the left-hand side of projection 20B and projection 20A is set to B.

[0126] Here, according to an assembly error, as shown in (2) of drawing 102, supposing the CF substrate 16 shifts to left-hand side to the TFT substrate 17, Fields A will decrease in number and Field B will increase. Therefore, since the rate of the liquid crystal molecule by which stops being 1 to 1 and orientation division is carried out becomes less equal [ the ratio of Field A and Field B ], a viewing-angle property deteriorates. Drawing 103 is drawing showing the panel cross section of the 22nd example. In the 22nd example, as shown in (1) of drawing 103, it becomes depressed in the TFT substrate 17, and 22B and projection 20B are prepared, then, it becomes depressed in the CF substrate 16, 20A and projection 22A are prepared, and this is repeated. Field A' specified by projection 20B and projection 20A when the

CF substrate 16 shifts to the TFT substrate 17 at the time of an assembly, as shown in (2) of drawing 103. Although it decreases, since field A" which becomes depressed with hollow 22B and is specified by 22A increases only a decrement, Field A does not change. Although it becomes depressed with projection 20B, it becomes depressed with 22B and projection 20A and it is prescribed by 22A, since this gap does not change, Field B of Field B is fixed. Therefore, the ratio of Field A and Field B is fixed, and a viewing-angle property is maintained while it has been good.

[0127] Drawing 104 is drawing showing the panel cross section of the 23rd example. In the 23rd example, like illustration, it becomes depressed with projection 22A in the CF substrate 16, 20A is prepared by turns, and this is repeated. Field A becomes depressed with the inclined plane on the left-hand side of projection 20A, and is prescribed by the inclined plane on the right-hand side of 22A, and Field B becomes depressed with the inclined plane on the right-hand side of projection 20A, and is prescribed by the inclined plane on the left-hand side of 22A. Therefore, since the field of orientation is prescribed by only the projection and hollow which were established in one substrate, the precision of an assembly does not influence.

[0128] The example explained until now is an example aiming at a big angle of visibility being obtained covering all the directions. However, depending on the use of a liquid crystal panel, a big angle of visibility is just obtained in the case where an angle of visibility does not necessarily need to be

large, and the specific bearing. By using the technology of the orientation division by the domain regulation means explained until now, LCD suitable for such a use is realizable. Next, the example which applied the technology of this invention to LCD of such a particular application is explained. [0129] Drawing 105 is drawing showing the panel structure of the 24th example, (1) shows a plan and (2) shows the cross section of Y-Y' of (1). Like illustration, the straight line-like projections 20A and 20B are formed in substrates 16 and 17 in the same pitch, respectively, and from the location which counters, Projections 20A and 20B are shifted a little, and are arranged. In other words, it is the structure shown in drawing 102, and the field of B is made very narrow and almost is made into the field of A.

[0130] The panel of the 24th example is used for example, for the projection mold LCD. The viewing-angle property of the projection mold LCD may be narrow, its speed of response is quick, and to be high brightness by high contrast is demanded. the direction of orientation of the panel of the 24th example is an one direction substantially (mono-domain) -- it is -- a sake -- a viewing-angle property -- the former -- it is the same as VA method, and cannot be said as fitness. However, since Projections 20A and 20B are formed, a speed of response improves very much like LCD of an example explained until now compared with the conventional thing. Moreover, about contrast, since the thing of the same level as other VA methods is obtained, compared with conventional TN method and a conventional IPS method, it is good. As

drawing 27 explained, since orientation is in disorder and leakage light penetrates, in order to make contrast high, as for the portion of Projections 20A and 20B, it is desirable to shade the portion of Projections 20A and 20B. On the other hand, about brightness, it is desirable to make the numerical aperture of the pixel electrode 13 high. Then, as shown in drawing 105, Projections 20A and 20B are formed in the edge section of the pixel electrode 13. Thereby, it becomes high brightness, without Projections 20A and 20B reducing a numerical aperture.

[0131] From the point of a speed of response, although it is desirable to narrow the gap of Projections 20A and 20B, it is necessary to arrange Projections 20A and 20B in the range of the pixel electrode 13 for that purpose. If Projections 20A and 20B are formed in the range of the pixel electrode 13, it is necessary to shade the portion and the part numerical aperture will fall. Thus, a speed of response, contrast, and brightness have the relation of a trade-off, and it is necessary to set them up suitably according to the purpose of use etc.

[0132] Drawing 106 is drawing showing the structure where the viewing-angle property of three directions realizes the good LCD panel using the technology which forms the mono-domain of the 24th example. With this structure, Projections 20A and 20B are formed so that the field of the same orientation of two longitudinal directions of a rate and the field of the orientation of one lengthwise direction may be formed in one pixel. As the field of the same orientation of two longitudinal directions of a rate is

shown in drawing 102, it is formed by half-pitch \*\* carrying out Projections 20A and 20B, and arranging them, and the field of the orientation of one lengthwise direction is formed by approaching and arranging Projections 20A and 20B, as shown in drawing 105. Thereby, although right and left and a lower viewing-angle property are good, the panel in which an upper viewing-angle property is inferior to other directions is realized.

[0133] LCD like the 24th example is prepared in high locations prepared on the door of a train, such as a display, and is used for the display arranged so that many men may look up from the bottom. As shown in drawing 87, LCD of VA method which performs orientation division by LCD of VA method, a projection, etc. which do not perform orientation division cannot say that the speed of response between halftone is enough, although the speed of response from white or white to [ from black ] black is good compared with TN method etc. Such a point is improved in the 25th example.

[0134] Drawing 107 is drawing showing the panel structure in the 25th example, (1) shows the configuration of the projection seen from the panel side, and (2) is a cross section. The portion from which the location of projection 20B is changed and a gap with projection 20A differs within one pixel like illustration is prepared. Therefore, the rate of the domain by which orientation is carried out to a 2-way is made equally, and the viewing-angle property is symmetrical. By making it structure like illustration, it seems that the speed of response between halftone has improved. This principle is

explained with reference to drawing 111 from drawing 108.

[0135] Drawing 108 is drawing showing the structure of the panel manufactured in order to measure change of the speed of response by the projection gap, and permeability. The height of Projections 20A and 20B is 1.5 micrometers, width of face is 10 micrometers, and the thickness of a liquid crystal layer is 3.5 micrometers. The speed of response and permeability of the field of a gap d1 when setting one gap d1 of a projection to 20 micrometers, changing the gap d2 of another side, and changing the voltage impressed to inter-electrode between [equivalent to halftone] 0V and 3V and the field of d2 were measured.

[0136] Drawing 109 is a graph which shows the result of the speed of response measured as mentioned above. This graph is equivalent to what extracted the object portion shown in drawing 20. It turns out that the response time falls as a gap d2 becomes narrow so that clearly from drawing. (1) of drawing 110 shows change of the permeability when changing applied voltage by making a gap d2 into a parameter. (2) of drawing 110 shows change of the permeability when changing the voltage which made the gap d2 the parameter to 3V from 0V. From drawing 110, by making the gap d2 of a projection small shows that the speed of response of halftone is improved sharply. However, the maximum permeability falls by making the gap d2 of a projection small. (1) of drawing 111 -- every -- it is the graph which normalized and showed time amount change of the permeability of d2, and (2) is drawing

explaining orientation change of liquid crystal. As shown in (1) of drawing 111, when it makes time amount until permeability reaches 90% of the maximum permeability into the ON response time and the ON response time in case Ton2 and d2 are 30 micrometers about the ON response time in case Ton1 and d2 are 20 micrometers about the ON response time in case d2 is 10 micrometers is set to Ton3, it is the order of  $Ton1 < Ton2 < Ton3$ . As shown in (2) of drawing 111, at the time of no voltage impressing, only the liquid crystal near the projection is carrying out orientation of producing such a difference at right angles to the slant face of a projection, and orientation of the liquid crystal which is separated from a projection is carried out at right angles to an electrode. Although liquid crystal will incline if voltage is impressed, to which direction it inclines can take the direction of 360 degrees to a shaft perpendicular to an electrode. Orientation of the liquid crystal near the projection is carried out so that orientation may be carried out at the time of no voltage impressing and the liquid crystal between projections may meet it by making this into a trigger. Thus, the domain which carries out orientation is formed in the same direction. Therefore, orientation is carried out to a high speed, so that it is close to a projection.

[0137] As mentioned above, the response time between black and white is fully short at LCD of the present VA method, and it is the response time in halftone that a speed of response becomes a problem. In the case of structure as shown in drawing 107, the

permeability in the narrow field of gap d2" changes for a short time, and the permeability in the large field of gap d2' changes slowly. although the field of gap d2" is narrower than the field of gap d2' and the rate which contributes to permeability is small -- human being's eyes -- a logarithm -- since it has a property [-like] -- gap d2' -- even if the permeability in the narrow field of 'changes for a while, it catches as a comparatively big change. Therefore, if the permeability in the narrow field of gap d2" changes for a short time, it will be sensed that it changed rapidly as a whole.

[0138] As mentioned above, if it is the panel of the 25th example, it seems that the speed of response between halftone has improved, without reducing permeability. Drawing 112 is drawing showing the panel structure of the 26th example. Although it prepares in substrates 16 and 17 in pitches [ Projections / 20A and 20B ] and electrodes 12 and 13 are formed on it in the 26th example like illustration, it is made not to form an electrode in one slant face of Projections 20A and 20B, and a perpendicular orientation film is formed further. And it arranges so that the slant faces in which the electrode is not formed may adjoin the slant face in which the electrode of Projections 20A and 20B is formed. In the field between the slant faces in which the electrode is not formed, orientation of the liquid crystal is carried out at right angles to this slant face, and, thereby, the direction of orientation is determined. In addition, since a dashed line shows the electric field in a liquid crystal layer all over drawing and orientation of the liquid crystal is carried out in accordance

with electric field, the direction of orientation by the electric field near [ in which the electrode is not formed ] a slant face is in agreement with the direction of orientation by the slant face.

[0139] On the other hand, between the slant faces in which the electrode is formed, although orientation of the liquid crystal near a slant face is perpendicularly carried out to the slant face, the direction of orientation of the electric field in this field differs from the direction of orientation by the slant face. Therefore, if voltage is impressed, except for near a slant face, orientation of the liquid crystal of this field will be carried out in accordance with electric field. Thereby, the direction of orientation in two fields becomes equal, and mono-domain orientation is obtained.

[0140] It has a negative refractive-index anisotropy on the panel of the 26th example, and the viewing-angle property about contrast when a retardation piles up the same phase contrast film as the retardation of a liquid crystal panel is shown in drawing 113. High contrast was acquired covering the large angle of visibility. In addition, when this panel was built into a projection mold projector, it became 300 or more contrast ratios. In addition, the contrast ratio obtained when LCD of the usual TN method is included in a projection mold projector is about 100, and it turns out that it has been improved sharply.

[0141] When the panel which prepared the projection as domain regulation means, such as the 1st example, was driven, deterioration of display quality was seen [ near a gate bus line and the data bus line ].

The very small domain field which is not desirable occurred near the bus line, and, as for this, saying for turbulence and a speed of response to fall [ the orientation of liquid crystal ] with the generating understood. Generating of such turbulence reduces a viewing-angle property and a color property further. Such a problem is solved in the 27th example explained below.

[0142] Drawing 114 is drawing showing the example of the pattern which repeats the projection of the straight line shown in the 1st example. This projection pattern was repeated in the pitch predetermined in the projection of fixed height with fixed width of face. therefore, the drawing 114 -- the width of face  $l$  and Gap  $m$  of a projection -- respectively fixed value  $l_1$   $m_1$  it is . In addition, although an example which is different by the projection formed in one substrate about the width of face of a projection and the projection formed in the substrate of another side is shown, about the projection formed for every substrate, width of face  $l$  is fixed. Moreover, it was fixed also about height [ of a projection ]  $h$ .

[0143] Drawing 115 is drawing showing the wavelength dispersion property of the optical anisotropy of the used liquid crystal. Short wavelength is known by that retardation  $\delta n$  becomes large like illustration. Therefore, retardation  $\delta n$  becomes large in the order of a blue (B) pixel, a green (G) pixel, and a red (R) pixel, and a difference arises in retardation  $\delta n$  while passing a liquid crystal layer by the color. The thing small as much as possible of this difference is desirable.

[0144] Drawing 116 is drawing showing the

projection pattern of the 27th example of this invention. the 27th example -- blue (B) pixel 13B -- green -- by each pixel of (G) pixel 13G and (Red R) pixel 13R, although the width of face  $l$  of a projection is the same, the gap  $m$  of a projection is made into a different value. concrete --  $m$  -- Bpixel13B --  $m_1$  G pixel 13G --  $m_2$  Rpixel13R --  $m_3$  carrying out -- \*\*\*\* --  $m_1 > m_2 > m_3$  it is .

[0145] The effect of the electric field vector which a liquid crystal molecule receives becomes strong, and can control the problem of the electric field vector accompanying a drive, so that the gap  $m$  of a projection is small. Drawing 117 is drawing showing the result of having changed the gap of the projection by the relation between applied voltage and permeability, and having measured it, and since a numerical aperture will increase so much if Gap  $m$  becomes large, permeability's improves. Since the wavelength dispersion property of the optical anisotropy of liquid crystal is as in drawing 115, by changing the gap  $m$  of a projection for every color pixel, as shown in drawing 116, it can make small the difference of retardation  $\delta n$  while passing a liquid crystal layer by the color, and can improve a color property.

[0146] Drawing 118 is drawing showing the projection pattern of the 28th example of this invention. the 28th example -- blue (B) pixel 13B -- green -- by each pixel of (G) pixel 13G and (Red R) pixel 13R, although the gap  $m$  of a projection is the same, width of face  $l$  of a projection is made into a different value. The effect is the same as the 27th example. Drawing 119 is drawing showing the projection pattern of the 29th example of

this invention. In the 29th example, it sets in each pixel, and is the value  $m_1$  small in the field near the gate bus line of a top and the bottom about the gap  $m$  of a projection. It carries out and is the big value  $m_2$  in a central field. It is carrying out. [ near /, such as a gate bus line and a data bus line, / the bus line ], by the electric field vector accompanying a drive, the domain which falls on the condition that a liquid crystal molecule does not fit a display may occur, and this was reducing display quality. Effect of the electric field vector which narrows the gap of a projection in the field near a gate bus line in the 29th example, and a gate bus line generates is made hard to be influenced. Generating of the domain which is not desirable is controlled by this, and display quality improves. In addition, since the part numerical aperture will fall and it will become dark if the gap of a projection is narrowed, the larger one of the gap of the projection from the point of a numerical aperture is good. By making it a projection pattern like the 29th example, the effect of the electric field vector which makes decline in a numerical aperture the minimum and a gate bus line generates can be reduced.

[0147] Drawing 120 is drawing showing the pixel structure at the time of actually realizing the projection pattern of the 29th example of drawing 119. Drawing 121 is drawing showing the projection train of the 30th example of this invention. Like illustration, the height of a projection is gradually changed in the 30th example. Drawing 124 is drawing showing change of the permeability of the black condition as opposed to [ in drawing 125 ] the height of a

projection for change of the permeability of the white condition as opposed to the height of a projection for change of applied voltage when change of applied voltage when drawing 122 changes the height of a projection, and the relation of permeability changes the height of a projection in drawing 123, and the relation of a contrast ratio. It is the result of 7.5 micrometers, 15 micrometers, and cel thickness setting to about 3.5 micrometers the width of face and the gap of a resist in which these drawings form a projection, respectively, setting the height of a resist to 1.537 micrometers, 1.600 micrometers, 2.3099 micrometers, and 2.4486 micrometers, and measuring permeability and a contrast ratio with an experimental device.

[0148] If a resist becomes high, according to it, white condition (at time of 5V impression) permeability will also increase from this result. Since this has the large projection which bears the auxiliary role for making liquid crystal incline, it is considered to be for a liquid crystal molecule to fall more certainly. The more the height of a projection also increases the permeability (leakage light) in a black condition (at the time of no voltage impressing), the more it increases. This is not so desirable in order to act in the direction on which black level is dropped. Therefore, since contrast (white brightness / black brightness) falls so that a projection becomes high, a protection from light material is used as a material of a projection, and, as for the height of a projection, it is desirable not to make it not much high.

[0149] make it any -- since the orientation condition of liquid crystal is changeable by

changing the height of a projection, a better display is attained by changing the height of a projection for every color pixel, adjusting a color property or setting up the height of a suitable projection according to distance with a bus line. For example, in R pixels, the height of a projection is made high, the height of a projection is made small in order (G pixels and B pixels), or into 1 pixel, near the bus line, it is high in the height of a projection and the height of a projection is made low in the center section.

[0150] In addition, even if it increased the height of a projection to the same height as cel thickness, it checked once that a screen display was possible satisfactory. therefore, the height of a projection is shown in (1) of drawing 126 -- as -- cel thickness -- the same -- or as shown in (2) of drawing 126, a projection can be prepared in the location where two substrates counter, and the role of a panel spacer can be made a projection by making it the sum of those height become the same as cel thickness.

[0151] Drawing 127 is drawing showing the projection pattern of the 31st example. Here, as shown in (1) of drawing 127, the side specifies the inclination of the side of a projection on the square theta with a substrate (electrode) to make. Suppose that this angle is called a taper angle. In the 31st example, the taper angle theta of projection 20 presupposes that some values can be taken as shown in (2) of drawing 127. Generally, the orientation condition that liquid crystal falls becomes good, so that the taper angle theta is large. Therefore, since the orientation condition of liquid crystal is changeable by changing the taper angle

theta, a better display is attained by changing the taper angle theta for every color pixel, adjusting a color property or setting up the suitable taper angle theta according to distance with a bus line. For example, in R pixels, it is large in the taper angle theta, and the taper angle theta is made small in order (G pixels and B pixels), or near the bus line, it is large in the taper angle theta in 1 pixel, and the taper angle theta is made small in the center section. [0152] since the orientation restraining force of a projection changes by changing the gap of a projection, width of face, height, a taper angle, etc. as explained above -- every color pixel -- or these conditions are changed within 1 pixel, it distinguishes between the orientation restraining force of a projection partially, and it becomes possible to bring the viewing-angle property and speed of response of liquid crystal close to an ideal condition. As shown in drawing 115, the retardation of liquid crystal is dependent on wavelength. Then, while raising the brightness of a white display paying attention to this property, the example of the liquid crystal panel which realized the speed of response high about all color pixels is explained.

[0153] First, the wavelength dependency of VA method is explained briefly. Drawing 128 is drawing showing change by voltage impression of the twist angle of a liquid crystal layer at the time of giving a twist angle by the liquid crystal display panel of a perpendicular orientation (VA) method using the liquid crystal (n mold liquid crystal) which has a negative dielectric anisotropy. At the time of no voltage



impressing, on one substrate surface, orientation is carried out in the direction of 90 degrees, and orientation is carried out in the direction of 0 times, and it is twisting 90 degrees in the substrate surface of another side. Although only the liquid crystal molecule near the substrate surface will twist along with the anchoring energy on the surface of a substrate if voltage is impressed in this condition, in the other layer, the twist hardly occurs. Therefore, it does not become rotatory-polarization (TN) mode substantially, but becomes birefringence mode. Drawing 129 is drawing showing change of the relative luminance (permeability) to change of retardation  $\delta$  in TN mode and birefringence mode. Like illustration, birefringence mode shows a steeper permeability property to  $\delta$  of liquid crystal compared with TN mode. As mentioned above, in the perpendicular orientation liquid crystal using n mold liquid crystal, a polarizing plate is used as a crossing Nicol's prism, and it is considering as the white display at the time of a black display and voltage impression at the time of no voltage impressing.

[0154] Drawing 130 is drawing showing change of the permeability to change of  $\delta$  in each wavelength (R:670nm, G:550nm, B:450nm). If permeability sets the thickness of a liquid crystal layer as the greatest  $\delta$  from this drawing to  $\delta$  from which the brightness in a white display serves as max, i.e., the wavelength of 550nm, since the permeability to 450nm will become low too much, the thickness of a liquid crystal layer was set up thinness from the thickness

which can be found from brightness max, and coloring in a white display has been pressed down. Therefore, the brightness in a white display is dark compared with TN mode, and in order to obtain white brightness equivalent to the liquid crystal display panel in TN mode, it is necessary to make back light brightness bright. However, for making back light brightness bright, it is necessary to enlarge power consumption of lighting, and the applicability of a panel will be limited. since [ moreover, ] the permeability to 450nm becomes low too much compared with TN mode when thickness of a liquid crystal layer is thickened by white brightness serious consideration -- a white display -- setting -- a panel -- \*\*\*\* stripes with yellow -- it might be unacquainted and there was a problem. [0155] on the other hand, in order to extend a visual field range, adding a phase contrast film was performed, but when the thickness of a liquid crystal layer became thick, color change of the direction of a polar angle (right and left) became large, and even when the retardation value of a phase contrast film was the same, there was a problem that the color difference became larger. So, in the 32nd example, the thickness of the liquid crystal layer of each color pixel is set up according to an individual so that permeability may serve as max at the time of driver voltage impression. A difference arises in a speed of response, and when action indication is performed, it becomes impossible however, to display a color tone correctly, if the thickness of a liquid crystal layer differs. So, in setting the thickness of a liquid crystal layer as a different value for

every color pixel, the means which makes the speed of response of liquid crystal homogeneity is needed.

[0156] Drawing 131 is drawing showing change of the liquid crystal speed of response to the gap of the projection or slit at the time of setting up of a liquid crystal layer so that the permeability greatest on three sorts of above-mentioned wavelength may be obtained in a liquid crystal layer. A liquid crystal speed of response falls as the thickness of a liquid crystal layer becomes thick. In the LCD panel of VA method which controls orientation using a projection, although a liquid crystal speed of response changes with the dielectric constant of a projection, a projection configuration, the gaps of a projection, etc., if a dielectric constant, the configuration of a projection, and height are fixed, a speed of response will become quick, so that the gap of a projection becomes narrow. It is drawing 131, for example, in order to set the speed of response of liquid crystal to 25ms, the gap of a projection or a slit is known by that it is necessary to set it as 25 micrometers in G pixels, and to set it as 20 micrometers by B pixels at 30 micrometers by R pixels.

[0157] Moreover, drawing 132 is drawing showing a projection or change of the numerical aperture to the gap of a slit. In R pixels, in 20 micrometers, when it is set as 25 micrometers in G pixels and set as 30 micrometers in B pixels, a numerical aperture becomes 80%, 83.3%, and 85.7%, and a difference produces the gap of a projection or a slit from drawing 131 at a numerical aperture, respectively. While

setting up according to the individual so that permeability might serve as max in the thickness of the liquid crystal layer of each color pixel in the 32nd example in consideration of the above point at the time of driver voltage impression, the area of each color pixel was changed so that the gap of a projection might be adjusted, the speed of response in each color pixel might be made in agreement and a numerical aperture might be further in agreement.

[0158] Drawing 133 is drawing showing the panel structure of the 32nd example. Like illustration, there was no R pixel portion in both substrates 16 and 17, and a G pixel portion is 0.55 micrometers in thickness, and formed the structure 71 whose thickness of a B pixel portion is 1.05 micrometers. This thickness computed optimum conditions by the simulation about the birefringence mode of VA method in which n mold liquid crystal was used. furthermore, the height of projection 20A -- by R pixels, it was made 1.9 micrometers by G pixels, and was made 2.45 micrometers by B pixels at 1.4 micrometers. furthermore, the gap of a projection -- by R pixels, it was made 25 micrometers by G pixels, and was made 20 micrometers by B pixels at 30 micrometers. Furthermore, B pixels : G pixels : R pixels surface ratio was set to 1:1.03:1.07. That is, pixel area was made into R pixels > G pixels > B pixels order.

[0159] Acrylic resin was used for the structure 71, and after applying the resist so that it might become the thickness of 1.4micro by B pixels, it considered it as the projection with a width of face of 5 micrometers by the photolithography.

Moreover the perpendicular orientation film was applied, the 3.6-micrometer spacer was sprinkled, the seal was formed, and liquid crystal after hardening was poured in for lamination and a seal. thus, the thickness of a liquid crystal layer -- by R drawing, it is set to 4.6 micrometers in G pixels, and is set 3.6 micrometers to 5.7 micrometers by B drawing.

[0160] Drawing 134 is drawing showing the panel structure of the modification of the 32nd example which formed the projection in the CF substrate 16 and formed the slit 21 in the pixel electrode 13 of the TFT substrate 17. In this modification, there was no R pixel portion in the CF substrate 16, and a G pixel portion is 1.1 micrometers in thickness, and formed the structure 71 of the acrylic resin whose thickness of a B pixel portion is 2.1 micrometers. After applying so that it might become the thickness of 1.4micrometers by B pixels about a resist on it, it considered as the projection with a width of face of 5 micrometers by the photolithography. thereby -- the height of a projection -- by R pixels, it is set to 2.5 micrometers by G pixels, and is set to 1.4 micrometers to 3.5 micrometers by B pixels. the gap of projection 20A and a slit -- by R pixels, it was made 25 micrometers by G pixels, and was made 20 micrometers by B pixels at 30 micrometers. B pixels : G pixels : R pixels surface ratio was set to 1:1.03:1.07.

[0161] The biaxial phase contrast film (retardation value of 320nm of the thickness direction) which set the panel of the 32nd example manufactured as mentioned above and its modification by delatand of a G-pixel liquid crystal layer was added, and the color

difference in panel permeability, an angle of visibility, and the direction of a polar angle (0 times [ -80 ]) was measured. The result is shown in drawing 252. In addition, Example A shows the 32nd example, Example B shows a modification, and drawing 252 shows the measurement result in the conventional example which changed the thickness of a liquid crystal layer as a reference value.

[0162] In order to gather permeability as shown in drawing 252, and the conventional example 1 shows, if thickness of a liquid crystal layer is thickened, the permeability (brightness) in a transverse plane will be made highly, but since the optical path length becomes long in the direction of a polar angle, the permeability of each wavelength is changed sharply and the color difference becomes large. On the other hand, by the panel of the 32nd example and its modification, in order to equalize the speed of response of liquid crystal, projection or gap width of face of a slit is narrowed by G pixels with R pixels, and the part permeability with a low numerical aperture is falling from the conventional example 2. However, since the thickness of each liquid crystal layer is set up so that it may become permeability max at the time of driver voltage impression (white display), the color difference in the direction of a polar angle is small.

[0163] White brightness can be made bright just like TN mode, without coloring a panel in the large angle-of-visibility range, if it is the panel of the 32nd example and its modification. Moreover, since the liquid crystal speed of response is equalized

according to the thickness of a liquid crystal layer, even when a movie display is performed, the good display of color reproduction nature is obtained. Next, the structure form of a projection is explained.

[0164] When forming a projection on the electrode 12 of the CF substrate 16 and the TFT substrate 17, and 13, after forming an electrode by the ITO film, it is possible to apply a resist and to carry out pattern NINGU by the photolithography. If it is this method, since it can make with well-known technology, explanation is omitted here. When making a projection by the above methods, it will be necessary to establish the production process for forming a projection pattern independently. If a projection can be formed in a TFT substrate, using the conventional production process as it is, the increment in a production process can be prevented. When it is possible to carry out patterning of the insulating layer used at the conventional production process further, and to leave a projection pattern, in forming an insulating projection and forms a conductive projection, it is possible to carry out patterning of the conductive layer used at the conventional production process further, and to leave a projection pattern.

[0165] Drawing 135 is drawing showing the structure of the TFT substrate of the 33rd example. It is the structure for forming an insulating projection in the 33rd example using the insulating layer used at the conventional production process. With this structure, the ITO electrode 13 is formed first, an insulating layer is formed on it, and the portion of the ITO electrode 13 is removed. At this time, it leaves the portion

of projection 68. Furthermore, although the gate electrode 31 is formed, and an insulating layer is formed further and removed except a required portion, if the thickness of a projection is required at this time, it will leave the portion of projection 68. The rest forms a data bus line and TFT as usual. A reference number 41 is a drain electrode (data bus line), 65 is a channel protective coat by a diagram, it is a wiring layer for 66 to separate an element, and 67 is the layer of a transistor of operation. The ITO electrode 13 and a source electrode are connected by the hole.

[0166] Drawing 136 is the example of the projection pattern manufactured in the 33rd example, is the parallel projection of the shape of a straight line for (1) to form two orientation division fields, and is a zigzag projection for (2) to form four orientation division fields. In drawing, the portion shown with a reference number 68 is equivalent to a projection, and 69 is equivalent to a pixel portion. Drawing 137 is drawing showing the panel structure of the 34th example. It is the structure for forming a conductive projection in the 34th example using the conductive layer used at the conventional production process. With this structure, the TFT protection from light metal layer 70 for shading TFT first is formed, an insulating layer is formed on it, and the ITO electrode 13 is formed further. Furthermore, an insulating layer is formed, a data bus line and the source 41 of TFT, and a drain 42 are formed, and an insulating layer 72 is formed on it. And although the layer of the gate electrode 31 is formed and this layer is removed except for the portion

of a gate electrode, it leaves partial 20B of a projection then.

[0167] Drawing 138 is the example of the projection pattern manufactured in the 34th example, is the parallel projection of the shape of a straight line for (1) to form two orientation division fields, and is a zigzag projection for (2) to form four orientation division fields. In drawing, the portion shown by reference number 20B is equivalent to a projection. A reference number 35 is CS electrode. Although the CS electrode 35 is prolonged along with the edge of a pixel electrode so that it may act as a black matrix, it is separated with projection 20B. Although the CS electrode 35 becomes a certain voltage to the pixel electrode (ITO electrode) 13, this is because there is a possibility of having a bad influence on the orientation of liquid crystal, when this voltage is impressed to projection 20B.

[0168] Drawing 139 is drawing showing the production process which manufactures the TFT substrate of the panel of the 35th example. As shown in (1), pattern NINGU of the gate electrode 31 is carried out on a glass substrate 17. Next, the SiNx layer 40, the amorphous silicon ( $\alpha$ -Si) layer 72, and the SiNx layer 65 are formed in order. Furthermore, as shown in (2), it leaves only the portion of a channel protective coat and the SiNx layer 65 is etched to the  $\alpha$ -Si layer 72. Furthermore,  $n^+$  An  $\alpha$ -Si layer and the Ti/aluminum/Ti layer equivalent to a data bus line, the source 41, and a drain 42 are formed, and it etches so that it may leave only the portion which is equivalent to a data bus line, the source 41, and a drain 42

in pattern NINGU. As shown in (4), after forming the SiNx layer equivalent to the last protective coat 43, it leaves the portions 43B and 40B equivalent to a portion and a projection required for an insulation, and etches to the surface of a glass substrate 17. At this time, the contact hole of the source electrode 41 and a pixel electrode is also formed in coincidence. Under the present circumstances, the source electrode 41 becomes an etching stopper. Furthermore, pattern NINGU of the ITO electrode layer is formed and carried out, and the pixel electrode 13 is formed. Therefore, the height of a projection serves as the SiNx layer 40 and the sum of the last protective coat 43. [0169] Drawing 140 is drawing showing the structure of the modification of the panel of the 35th example, and when etching the SiNx layer equivalent to the last protective coat 43, it is etched to the upper surface of the SiNx layer 40. Therefore, the height of a projection is the thickness of the last protective coat 43. Drawing 141 is drawing showing the production process which manufactures the TFT substrate of the panel of the 36th example. As shown in (1), pattern NINGU of the gate electrode 31 is carried out on a glass substrate 17. Next, pattern NINGU of the ITO electrode layer is formed and carried out, and the pixel electrode 13 is formed. As shown in (2), the SiNx layer 40, the amorphous silicon ( $\alpha$ -Si) layer 72, and the SiNx layer 65 are formed in order. Furthermore, it leaves only the portion of a channel protective coat and the SiNx layer 65 is etched to the  $\alpha$ -Si layer 72. Furthermore,  $n^+$  The  $\alpha$ -Si layer 73 is formed. As shown in (3),

it leaves partial 40B equivalent to a required portion and a required projection, and etches to the surface of the pixel electrode 13. As shown in (4), the Ti/aluminum/Ti layer equivalent to a data bus line, the source 41, and a drain 42 is formed, and pattern NINGU is carried out so that it may leave only the portion equivalent to a data bus line, the source 41, and a drain 42. And it is n+, using a data bus line, the source 41, and a drain 42 as a mask. The alpha-Si layer 73 and the alpha-Si layer 72 are etched. As shown in (5), after forming the SiNx layer equivalent to the last protective coat 43, it leaves the portions 43B and 40B equivalent to a portion and a projection required for an insulation, and etches to the surface of the pixel electrode 13.

[0170] As mentioned above, although the example about manufacture of projection 20B by the side of the TFT substrate 17 was explained, there are various kinds of modifications according to the structure of the TFT substrate 17 etc. make it any -- a manufacturing cost can be reduced by using with the process of other portions of the TFT substrate 17 in common, and manufacturing a projection. As already explained, since the direction of the orientation regulation by the slant face and the direction of the projection of the dielectric prepared on the electrode of the orientation regulation by the electric field for a height correspond, it has the advantage that the stable orientation is obtained. However, a projection is the dielectric prepared on the electrode, since an orientation film is formed on it, in inter-electrode [ of a pair ], the inside of a

liquid crystal cell serves as unsymmetrical structure, and a charge tends to collect with impression of voltage. Therefore, residual DC voltage became high and there was a problem that the phenomenon called the so-called "seizure" occurred.

[0171] Drawing 142 is drawing showing the relation between the thickness of the dielectric on an electrode, and the magnitude of residual DC voltage, and (1) is the graph which shows the relation and it shows the portion in which (2) is equivalent to thickness d of a dielectric, and the location where "seizure" occurs. As the perpendicular orientation film 22 is also a dielectric and is shown in (2) of drawing 142, the height of a projection and the sum of the perpendicular orientation film 22 are equivalent to thickness d of a dielectric. As shown in (1) of drawing 142, residual DC voltage increases with the increment in d. Therefore, it is easy to generate seizure in the portion of projection 20 shown in (2) of drawing 142. This is also the same as when forming a hollow with a dielectric on an electrode like the 18th example of drawing 95. It is made for such a problem not to occur in the 37th example explained below.

[0172] Drawing 143 is drawing showing the projection structure of the 37th example, (1) is the perspective diagram of projection 20 and (2) is a cross section. Like illustration, projection 20 has width of face of 7 micrometers, and width of face on top is [ height ] about 1-1.5 micrometers in about 5 micrometers. Besides, many detailed holes are established in the field. The diameter of this detailed hole is 2 micrometers or less. Drawing 144 is drawing showing the

structure form of the projection (CF substrate side) which has the above-mentioned detailed hole. As shown in (1), the glass substrate with which the counterelectrode 12 of an ITO film was formed is washed. As shown in (2), on it, sensitization resin (resist) and the resist layer 351 is formed. [ apply and ] As shown in (3), the mask pattern 352 which penetrates portions other than a projection and the portion of a hole is stuck, and it exposes. The projection 20 as developed this and shown in (4) was obtained. Furthermore, if BEKU, projection 20 will contract, and as shown in (5), the side will turn into a slant face.

[0173] When what formed the detailed hole in the projection as mentioned above, and the substrate which is not formed were assembled and residual DC voltage was measured by flicker method of elimination (DC:3V and AC:2.5 V and the temperature C of 50 degrees, DC impression time amount 10 minutes), when a detailed hole was formed, it was 0.09V, and it was 0.25V when the detailed hole was not formed. Thus, since residual DC voltage is reduced, seizure stops being able to occur easily.

[0174] Orientation of the liquid crystal molecule is carried out at right angles to slant faces, such as a projection, and it carries out orientation at right angles to electric field. However, when the gap of a projection became small to the degree of the above-mentioned detailed hole, it turned out that orientation will not be carried out to the slant face of a detailed portion. Therefore, in the portion of the upper surface of a projection, orientation is carried out

according to it in response to the effect of the orientation by the slant face of both sides. Drawing 145 is drawing showing the projection structure of the 38th example. In the 38th example, the slot where thickness with a width of face of 3 micrometers is thin was established in the bottom of projection 20B of 7.5-micrometer width of face by the side of a TFT substrate. Furthermore, the protection-from-light layer 34 of chromium nature is formed in the bottom of projection 20B. Such projection 20B can be manufactured by the same method as the 37th example. It is 0.10V and the result comparable as the 37th example was obtained by the result of having measured residual DC voltage with the projection structure of the 38th example.

[0175] Although a liquid crystal molecule may not carry out orientation in the direction perpendicular to a substrate in the portion of a slot at the time of no voltage impressing but a perpendicular stacking tendency may deteriorate like illustration with the projection structure of the 38th example, since the protection-from-light film 34 is formed and the leakage light by the abnormalities in orientation of this portion is shaded, contrast does not fall. Next, it investigated about the cross-section configuration of the projection made from the resist. Usually, the resist is carrying out the cross-section configuration as shown in (1) of drawing 146 immediately after patterning. However, in the case of the method of this invention, the orientation by which the cross section of the boiled-fish-paste (cylinder) form which had a gently-sloping inclination somewhat as a

cross-section configuration was stabilized more is obtained. The substrate immediately after patterning was calcinated by 200-degreeC, and it was made to change to a configuration as shows the cross-section configuration of a resist to (2) of drawing 146 here. Drawing 147 is drawing showing change of the cross-section configuration of the resist when changing the temperature which calcinates the resist which carried out patterning. Even if it raised burning temperature more than 150-degreeC, the change beyond it of a cross-section configuration was small.

[0176] It is [ besides changing the cross-section configuration of a resist / another / important ] reasonable to have calcinated the resist by 200-degreeC. The resist used for the prototype will react with the solvent of an orientation film only by performing the usual baking processing (135-degree-C 40 minutes), and the reason will melt. In this example, the resist is calcinated at a temperature high beforehand enough before orientation film formation, and it prevented reacting with an orientation film.

[0177] In addition, in examples which create the projection explained until now, such as the 1st example, a resist is calcinated by 200-degreeC, the cross-section configuration of a resist is made into the shape of boiled fish paste, and the data explained until now is also twisted to the projection pattern of a boiled-fish-paste-like cross-section configuration. In the above-mentioned example, although the cross-section configuration of a resist was made into the boiled-fish-paste (cylinder) form with

burning temperature, depending on the line breadth of a resist, it becomes nature and a boiled-fish-paste form. Drawing 148 is drawing showing the line breadth of a resist, and the relation of a cross-section configuration. Line breadth has nature and a desirable boiled-fish-paste form in about 5 micrometers. From now on, if it is about 7 micrometers or less in line breadth, it will be thought that the resist of the cross-section configuration of a natural boiled-fish-paste form is obtained. With the present equipment, although the line breadth of 5 micrometers is realistic, it is thought that the same orientation is theoretically obtained with the engine performance of an aligner even if it is submicron line breadth.

[0178] a projection -- the TFT flattening agent made from JSR -- when generated using positive type photoresists, such as HRC-135, the surface had inadequate wettability with the material of a perpendicular orientation film, the material of the applied perpendicular orientation film was crawled, and the problem that a perpendicular orientation film was not formed on the surface of a projection occurred. Drawing 149 is a cross section of the panel at the time of using a projection as a domain regulation means, and is drawing showing the situation of a height. As shown in (1) of drawing 149, a color filter, a bus line, etc. are formed on substrates 16 and 17, and the ITO electrodes 12 and 13 are formed further. Projections 20A and 20B are formed on it, and the material of the perpendicular orientation film 22 is applied on the ITO electrode 12 including Projections 20A and 20B, and 13. However, the surface of the



photoresist of Projections 20A and 20B had inadequate wettability with the material of a perpendicular orientation film, as shown in (2) of drawing 8, it crawled the material of the applied perpendicular orientation film, and the problem that the perpendicular orientation film 22 was not formed in the surface of Projections 20A and 20B had generated it. Such a problem is solved in the 39th example.

[0179] In the 39th example, the surface of a projection is processed so that the material of a perpendicular orientation film may make it easy to be attached to the surface of a projection. It is possible to form detailed irregularity on the surface of a projection as processing the material of a perpendicular orientation film makes it easy to be attached to the surface of a projection, and to raise the spreading nature of the material of an orientation film, or to raise wettability with the material of the perpendicular orientation film of the surface of a projection. If detailed irregularity is formed on the surface of a projection, when the material liquid of an orientation film collects especially on the portion of concave, crawling of the material of the orientation film on the surface of a projection will be reduced. as the concavo-convex formation method -- chemical preparation and physical processing -- it is -- as chemical preparation -- ashing -- processing is effective.

[0180] drawing explaining an example of the manufacture method of a projection [ in / in drawing 150 / the 39th example ] -- it is -- ashing -- it is the example which uses processing. As shown in (1) of drawing 150, projection 20 is formed using the

above-mentioned photoresist on an electrode (in this case, a counterelectrode 12 is sufficient although it is the pixel electrode 13.) 13. For example, projection 20 has the shape of a stripe with a width of face [ of 10 micrometers ], and a height of 1.5 micrometers. Annealing treatment of this is carried out and a cross section is made into the shape of boiled fish paste. this substrate -- a well-known plasma asher -- the projection surface -- ashing -- it processes. Of such plasma ashing processing, a detailed hollow as shown in (2) of drawing 150 is formed in the projection surface. In this way, the obtained substrate is washed and dried and perpendicular orientation material is applied using a printing machine. At this time, of the effect of the irregularity formed on the projection, crawling of orientation material does not happen, but as shown in (3) of drawing 150, a perpendicular orientation film is formed all over a projection. Then, a production process is advanced in the same process as the usual multi-domain VA method. In this way, the obtained liquid crystal display has a good display property without the poor display by crawling of an orientation film.

[0181] ashing -- as processing, there is other ozone ashing processing and the effect as plasma ashing processing that this was also the same was acquired. Brush washing of the substrate is carried out after the annealing treatment of a projection, using substrate \*\*\*\*\* as a method of forming irregularity physically. Thereby, stripe-like irregularity is formed on a projection. Rubbing is carried out with the rubbing roller 210 which has fiber 211 on the surface,

or as a method of forming irregularity physically, otherwise, as shown in (1) of drawing 151, as shown in (2), the irregular roller 213 is pushed against the substrate with which the projection 20 was formed, and there is the method of imprinting the irregularity of a roller 213.

[0182] Drawing 152 is drawing explaining the processing which irradiates ultraviolet rays as processing which raises wettability with the material of the perpendicular orientation film on the surface of a projection. As explained until now, the same projection 20 as drawing 150 is formed by the photoresist on a substrate. Excimer UV irradiation equipment is used for this substrate, and they are 1000 mJ/cm<sup>2</sup> in the environment of 20% or more of oxygen densities. With an exposure, ultraviolet rays with a dominant wavelength of 172nm are irradiated. Thereby, the wettability to the material of a substrate and the perpendicular orientation film on a projection improves. In this way, the obtained substrate is washed and dried and perpendicular orientation material is applied using a printing machine. At this time, of the wettability improvement effect by ultraviolet rays, crawling of orientation material does not happen but a perpendicular orientation film is formed all over a projection. Then, a production process is advanced in the same process as the usual multi-domain VA method. In this way, the obtained liquid crystal display has a good display property without the poor display by crawling of an orientation film. Drawing 153 is a graph which shows change of the rate of crawling of the material of the

perpendicular orientation film when changing the conditions of the ultraviolet rays which irradiate the projection formed by the photoresist. (1) of drawing 153 is a graph with which wavelength and an exposure show relation with a rate soon. Its time of 200nm or less is effective, and the wavelength of ultraviolet rays has a very small improvement effect, when it is the wavelength beyond it. Moreover, when the wavelength of ultraviolet rays is 200nm or less, it is 1000 mJ/cm<sup>2</sup>. It stopped generating crawling in an exposure. (2) of drawing 153 -- wavelength -- ultraviolet rays 200nm or less -- 1000 mJ/cm<sup>2</sup> The oxygen density when glaring is a graph which shows relation with a rate soon. In the environment where an oxygen density is low, since sufficient quantity of ozone does not occur, it is thought that an improvement effect is small. Therefore, wavelength is ultraviolet rays 200nm or less in the environment of 20% or more of oxygen densities 1000 mJ/cm<sup>2</sup> Glaring above is desirable.

[0183] As equipment which wavelength makes generate ultraviolet rays 200nm or less, there is a low-pressure mercury lamp other than above excimer UV irradiation equipment, and this may be used. Moreover, in the above-mentioned processing, although substrate washing and desiccation were performed after the exposure of ultraviolet rays, it may be made to irradiate ultraviolet rays after substrate washing and desiccation. In this case, since the exposure of ultraviolet rays is performed just before orientation film printing, reduction of the wettability improvement effect by the neglect and

washing after an exposure can be prevented. [0184] Moreover, if an orientation film is formed after applying a silane coupling agent, an orientation film solvent, etc. before spreading of an orientation film, crawling on a projection will be improved sharply. BEKU (annealing) processing of the substrate is carried out, and, specifically, the configuration of a projection is used as a boiled-fish-paste mold as shown in drawing 146. A hexa methyl disilane (HMDS) is applied after washing this substrate using a spinner. Perpendicular orientation material is applied to this using a printing machine. Thereby, the perpendicular orientation film was formed good on the surface of the projection. In addition, you may make it apply N-methyl pyrrolidone (NMP) instead of HMDS. Furthermore, even if it is made to carry out within the NMP ambient atmosphere which had printing of a perpendicular orientation film sealed, a perpendicular orientation film can be formed good on the surface of a projection. In addition, if it considers as the solvent applied before formation of a perpendicular orientation film, various \*\*\*\*s, for example, the gamma-butyrolactone which is the solvent of a perpendicular orientation film, butyl cellosolve, etc. can be used.

[0185] Drawing 154 is drawing explaining an example of the manufacture method of the projection in the 39th example, and is an example (example by the side of CF substrate) which forms a projection with the material which distributed the particle. As shown in (1), particle size applies the positive type photopolymer (resist) 355 in which the particle 357 of an alumina 0.5

micrometers or less was made to mix 5 to 20% on an electrode 12. As shown in (2), negatives are exposed and developed to this using the photo mask 356 which shades a part for a height. Furthermore, if BEKU, projection 20A as shown in (3) will be obtained. The particle 357 of an alumina projects in the surface of this projection 20A, or irregularity with the hole detailed on formation now a cage, and the surface where the particle 357 of an alumina was missing is formed in it. Therefore, the wettability when applying a perpendicular orientation film improves.

[0186] When the rate of the particle of an alumina exceeds 20%, the photosensitivity of a resist falls and it stops being able to carry out pattern NINGU by exposure, although it is necessary to make the rate of the particle of the alumina mixed in a resist increase in order to make [ many ] irregularity of the surface of a projection in the above-mentioned example. Drawing 155 is drawing showing the manufacture method of the projection in the case of making [ many ] irregularity of the surface of a projection.

[0187] As shown in (1) of drawing 155, particle size applies the nonphotosensitivity resin which mixed the particle 357 of an alumina 0.5 micrometers or less at a big rate on an electrode 12. Furthermore, as shown in (2), a resist is applied to the surface, and negatives are exposed and developed using the photo mask 358 which shades a part for a height. Since a resist remains only in the portion corresponding to a photo mask 358 by this, if it etches, nonphotosensitivity resin other than a height part will be

removed. Furthermore, if BEKU, projection 20A as shown in (3) will be obtained.

Although irregularity is similarly formed in the surface of this projection 20A, since the rate of the particle 357 of the mixed alumina is large, much irregularity is formed and the wettability in the case of applying a perpendicular orientation film from the example of drawing 154 improves further.

[0188] Drawing 156 is drawing showing the another manufacture method which forms irregularity in the surface of a projection by the particle. In this example, after applying a resist 360 to the surface of an electrode 12, sprinkle the particle 361 of an alumina and it is made to adhere to the surface of a resist 360, and it prebakes after that. As usual, if pattern NINGU of the projection is carried out, projection 20A as shown in (2) will be obtained by the back. If this is washed, since the particle 361 of an alumina exists or the hole where the particle 361 of an alumina fell out exists, irregularity will be formed in the surface of projection 20A.

[0189] Drawing 157 is drawing explaining an example of the manufacture method of the projection in the 39th example, and is an example which a projection material is made to foam and forms irregularity in the surface. The resist which forms projection 20 is applied by a spinner etc., after solvents, such as PGMEA

(propylene-glycol-monomethyl-ether acetate), melt. It is prebaked by 60-degreeC on it (PURIKYUA). In this condition, a lot of solvents remain into the resist. It mask-exposes, and negatives are developed and pattern NINGU of this is carried out.

[0190] As a dashed line shows in drawing

158, after making it go up to 200-degreeC slowly over 10 minutes within clean oven and holding more than for 75 minutes in the condition conventionally, it had returned to ordinary temperature slowly over 10 minutes. On the other hand, in this example, it lays on the hot plate of 200-degreeC, and heats for 10 minutes. At this time, about 1 minute is taken for the temperature of a substrate to rise to 200-degreeC. Then, it cools radiationally for 10 minutes and returns to ordinary temperature. Thus, if sudden heating is carried out, as shown in (1) of drawing 157, the solvent in a resist will bump, and a bubble 362 will arise inside. In this bubble 362, as shown in (2) of drawing 157, the above is emitted outside from the surface of projection 20. The foaming marks 363 are formed in the surface of a projection at this time, and irregularity is produced.

[0191] In addition, if it stirs before applying the resist melted to the solvent, and air bubbles are introduced into a resist, it will become easy to foam by the time of carrying out sudden heating of the resist. Moreover, you may stir, introducing nitrogen gas, carbon dioxide gas, etc. While the air bubbles of gas are introduced into a resist by this, since it dissolves into a solvent, the fizz of gas [ a part of ] at the time of heating increases. Moreover, the clathrate compound which emits the water of crystallization which dehydrates about [ 120-200 degrees ] by C, and a guest solvent to a resist may be mixed. Since water is emitted from water of crystallization, it becomes a steam or a guest solvent is emitted by this at the time of heating, it becomes easier to foam. Moreover,

the silica gel which adsorbed a solvent or gas may be mixed into a resist. Since the solvent or gas to which it is sticking from silica gel is emitted by this at the time of heating, it becomes easier to foam. In addition, the solid material to mix needs to be the magnitude below the height and width of face of a projection, and it is ground so that it may become such magnitude.

[0192] also making it such structure, although the detailed hole was established in the projection in the 37th example and the slot was established in the projection in the 38th example -- the surface of a projection -- a perpendicular orientation film -- forming -- \*\* -- it becomes. Drawing 159 is drawing showing the option which makes the projection which has a slot like the 38th example. As shown in (1) of drawing 159, the photoresist used for creation of a micro lens is used, it approaches and projections 365 and 366 are formed. This photoresist can change the configuration in which pattern NINGU was carried out by the exposure reinforcement of light, baking (BEKU) temperature, presentation, etc., a projection collapses and by setting up suitable baking conditions comes to show it to (2). If the perpendicular orientation film 22 is applied to this, since the center section of the projection 20 has become depressed as shown in (3), the perpendicular orientation film 22 will be formed good. After applying the above-mentioned material to the thickness of 1.5 micrometers, pattern NINGU of the projections 365 and 266 was carried out so that it might become width of face of 3 micrometers, and the gap of 1 micrometer of a projection. And BEKU [ 180

degreeC ] from 10 minutes for 30 minutes. Thereby, two projections united and it became as shown in (2) of drawing 159. The desired configuration was acquired by controlling the time amount of BEKU. If the height of a projection is set to 5 micrometers or more, projections 365 and 266 influence cel thickness (thickness of a liquid crystal layer), and although it seems that two projections will unite if 0.5 micrometers to 5 micrometers and width of face is [ height ] 2 micrometers to 10 micrometers and the range of a gap is 0.5 to 5 micrometers, when pouring in liquid crystal, they will become hindrance. Moreover, if width of face of a projection is set to 2 micrometers or less, the orientation restraining force of a projection will decline. Furthermore, if it is difficult to unite two projections if the gap of a projection is set to 5 micrometers or more and it makes it 0.5 micrometers or less, a hollow will not be made in the center. [0193] As mentioned above, although the wettability improvement processing to the material of the orientation film of the projection in the 39th example was explained, what kind of pattern is sufficient as a projection, and a cross-section configuration does not need to be a boiled-fish-paste mold, either. Furthermore, the material which forms a projection just also forms a projection not only in a photoresist but in a desired configuration. However, if it takes into consideration forming irregularity chemically or physically in a next process, the thing in which ashing is possible is [ that it is hard to separate softly as the quality of the material ] suitable. As a material which suits this

condition, resin materials, such as a photoresist, black matrix resin, color filter resin, overcoat resin, and polyimide, are suitable. Moreover, with such an organic material, surface reforming (processing) is possible by ashing, UV irradiation, etc.

[0194] As explained above, since the wettability to the material of the orientation film on the surface of a projection is improved, while failure that an orientation film is not formed in the projection surface can be prevented and display quality improves, the yield improves in the 39th example. In order to prevent conventionally the fall of the contrast by the leakage light which passes the portion between each pixel, preparing the so-called black matrix in the periphery of each pixel is performed.

Drawing 160 is drawing showing the panel structure of the conventional example where the black matrix was established. Like illustration, on the color filter (CF) substrate 16, R (red) filter 39R, G (green) filter 39G, and B (blue) filter 39B are formed corresponding to a RGB pixel, and the ITO electrode 12 is formed on it. Furthermore, the black matrix 34 is formed in the boundary portion of each RGB pixel. A data bus line, a gate bus line, or the TFT element 33 is formed in the TFT substrate 17 with the ITO electrode 13. The liquid crystal layer 3 is formed between two substrates 16 and 17.

[0195] Drawing 161 is drawing showing the panel structure of the 40th example of this invention, and drawing 162 is drawing showing the projection pattern in the pixel of the 40th example. Like illustration, R filter 39R, G filter 39G, and B filter 39B are

formed on the CF substrate 16. Although not illustrated in drawing 161, as shown in drawing 162, projection 20A for orientation control prepared with the liquid crystal panel of the 1st example is formed in the CF substrate 16. This projection 20A is made from the material of protection-from-light nature. The projection 77 is formed in the periphery of each pixel, this projection 77 is also made from the protection-from-light nature material, and it functions as a black matrix. Therefore, it is not necessary to form the black matrix 34 like the conventional example. The projection 77 which functions as this black matrix can be formed in projection 20A and coincidence, and if such a manufacture method is used, it can skip the black matrix creation production process of the creation time of the CF substrate 16. In addition, a reference number 78 is the portion of TFT of each pixel, and projection 77 is formed so that this portion may also shade.

[0196] In addition, in drawing 161, although projections 20A and 77 are formed in CF substrate side 16, both projection 77 or the projections 20A and 77 may be formed in the TFT substrate 17 side. Thereby, it becomes unnecessary to take into consideration gap of the lamination of CF substrate side 16 and the TFT substrate 17, and the numerical aperture of a panel and the yield of a lamination production process can be raised by leaps and bounds. the part which shifted when a black matrix was prepared in the CF substrate 16 side, the ITO electrode 13 of the TFT substrate 17 and the opening (portion without a black matrix) of the CF substrate 16 were similarly completely

designed and lamination gap occurred in a panel manufacturing process -- optical leakage -- a lifting -- a normal display is not obtained. Usually, no matter highly precise equipment [ what / lamination ] it may use, about  $5 \mu\text{m}$  of doubling errors exist. Therefore, in consideration of the margin of the part, he designs the opening of a black matrix more smallish, and is trying for such a problem not to arise. That is, he is trying for a black matrix to cover about 5-10 micrometers to the inside from the ITO electrode 13 by the side of the TFT substrate 17. If projection 77 is formed in the TFT substrate 17 side, since it is not influenced by lamination gap, a numerical aperture can be made high to the maximum extent. This effect becomes larger as the pixel of a panel becomes small (i.e., so that resolution goes up). For example, in order to take an every 5 micrometers margin if it is the conventional method although the substrate whose sizes of the ITO electrode of a pixel are 80 micrometers wide and 240 micrometers long was used in this example, it becomes 70 micrometers wide and a 230 micrometers long opening, and the opening area of a pixel is  $216100 \mu\text{m}^2$ . It becomes, on the other hand -- this example -- the opening area of a pixel --  $19200 \mu\text{m}^2$  it is -- a numerical aperture is improved about 1.2 times of the conventional method. If a display twice the resolution of this panel, then the size of an electrode are 40 micrometers wide and 120 micrometers long and it is the conventional method, the opening area of a pixel is  $23300 \mu\text{m}^2$ . If it becomes and is this example, the opening area of a pixel is 2

4800 micrometers. It becomes and will be improved about 1.5 times. Thus, it is more effective as resolution goes up.

[0197] Drawing 163 is drawing showing the pattern of the black matrix (BM) of the 41st example. As mentioned above, leakage light arises in the portion of a domain regulation means. As mentioned above, although using the very small domain where 90-degree azimuths which exist near the summit of a projection differ is also considered, when stable orientation is not obtained near the summit of a projection, leakage light arises. Therefore, in order to improve contrast etc., it is desirable to shade the portion of a domain regulation means. Although it is possible to form a projection with a protection from light material in order to shade the portion of a projection, the 41st example shades the portion of a domain regulation means by the black matrix (BM).

[0198] As mentioned above, although BM34 is used in order to shade the leakage light of the boundary portion of TFT and a cell electrode, and a bus line, in the 41st example, this BM is prepared also in the portion of a domain regulation means. Thereby, the leakage light in the portion of a domain regulation means can be shaded, and contrast improves. Drawing 164 is a cross section of the panel of the 41st example. Like illustration, BM34 is formed corresponding to the crevice between Projections 20A and 20B, TFT33, and a bus line (here, only the gate bus line 31 is shown.) and the cell electrode 13.

[0199] Drawing 165 is the pixel pattern of the 42nd example. The delta array which makes a display pixel a square mostly, and

the array pitch of a display pixel shifts  $1/2$ , and arranges the display pixel of the adjoining train from the former is known. In the case of a color liquid crystal display, 1 set of color pixel groups are formed by three pixels 13B, 13G, and 13R which adjoin mutually. Since each pixel is a form near a square, even if it does not make the gap of a projection not much small compared with the case of the rectangle of 1 to 3, it becomes easy to make equal the rate of the liquid crystal molecule by which orientation division is carried out at least in all directions. In this case, it is made for a data bus line to extend in zigzag along the periphery of a pixel. Thus, a delta array is very effective, when forming the train of the projection which continued all over the substrate, or a hollow and carrying out orientation division.

[0200] The 43rd example explained below is an example which uses as a spacer the projection 77 which functions as the projection for orientation control, or a black matrix of the 40th example. A spacer is used in order to make distance between two substrates (cel thickness) into a predetermined value, as shown also in drawing 18. Drawing 166 is drawing showing the panel structure in the conventional example, and a spacer 45 is arranged at the boundary portion of a pixel, and it specifies cel thickness. A spacer 45 is a ball which has a predetermined diameter. [0201] Drawing 167 is drawing showing the panel structure of the 43rd example, and, as for (2), (1) shows the modification for the panel structure of the 43rd example. As shown in (1) of drawing 167, by the panel of

the 43rd example, the projection 79 prepared in the periphery of a pixel is thickened to cel thickness, and projection 79 prescribes cel thickness. In addition, in this drawing, although the projection 79 is formed in the TFT substrate 17 side, it may be formed in the CF substrate 16 side. It becomes unnecessary thus, to form a spacer by constituting. In addition, since liquid crystal does not exist in the portion of this projection 79, case [ like a perpendicular orientation mold ], the amount of (a part for a cel attaching part) height always becomes a black display regardless of applied voltage. Therefore, a black matrix is unnecessary, it is not necessary to form projection 79 with the material which has protection-from-light nature, and it may be made from a transparent material.

[0202] In the 43rd example shown in (1) of drawing 167, although the projection 79 had prescribed cel thickness, the precision of cel thickness is influenced in the formation precision of a projection, and precision falls compared with the case where a spacer is used. The variation in cel thickness is controllable within  $\pm 0.1$  micrometers, as a result of actually manufacturing a panel in the form of the 16th example, if it is this level, especially in the present condition, it will not become a problem, but it is not suitable when strict cel thickness needs to be controlled. The modification shown in (2) of drawing 167 is the structure for solving such a problem. In the modification of (2) of drawing 167, into the resin which forms projection 80, a spacer 45 is mixed and applied, patterning of it is carried out, and a projection is formed. Although the



advantage of the 43rd example that a spacer is unnecessary is lost in this modification, there is an advantage that cel thickness can be specified without being influenced by the formation precision of a projection pattern. Cel thickness was able to be made into the precision of  $\pm 0.05$  micrometers as a result of actually manufacturing a panel in the form of (2) of drawing 167. Moreover, although it is unchanging for needing a spacer, in order to make a spacer mix in resin and to arrange a spacer on a cel to the resin and coincidence of a projection, it is not necessary to sprinkle a spacer at a panel-ized production process anew, and a process does not increase.

[0203] Drawing 168 is also drawing showing the modification of the 43rd example, (1) is what considered the projection 79 in the 43rd example of (1) of drawing 167 as the projection 81 which made from the material of protection-from-light nature, and (2) considers the projection 80 of drawing 167 of (2) as the projection 82 made from the material of protection-from-light nature. As mentioned above, in (1) of drawing 167, and (2), although these projections fully achieve the function of a black matrix even if it forms projection 79 or 80 by the transparent material, protection-from-light nature with more perfect forming this with a protection-from-light material is obtained.

[0204] It is drawing showing the modification of the 43rd example, and the projection 83 was formed in the CF substrate 16, and drawing 169 also formed the projection 84 in the TFT substrate 17, respectively, and has specified cel thickness by contacting them. About an effect, it is the

same as the 43rd example and its modification. Although the projection prepared in the periphery of a pixel has prescribed cel thickness in the 43rd example and its modification, it is also possible to specify cel thickness by the projection for orientation control, for example, projection 20 of drawing 162 A.

[0205] Furthermore, although the projection was formed over all the peripheries of a pixel in the modification of the 40th example, the 43rd example, and the 43rd example, it is also possible to form a projection in a part of periphery of a pixel. For example, the projections 77, 79-84 of the modification of the 40th example, the 43rd example, and the 43rd example are formed in the TFT portion of each pixel, i.e., the portion shown with the reference number 78 of drawing 162, with the material of protection-from-light nature. as mentioned above, VA (Vertically Aligned) even if it omit a black matrix by the so-called panel in the normally black mode which display black when voltage have not join an ITO electrode like a method, since it hardly become a problem, if it make not prepare only the portion of TFT on a cover, the drain bus of a pixel periphery, and a gate bus by the resin of protection from light nature, the numerical aperture of leakage light improve so much, and it be advantageous as above-mentioned, if the protection from light section decrease.

[0206] In the 43rd example, although the function of a spacer was given to the black matrix, in giving the function of a spacer to neither a black matrix nor a projection, after while having formed the perpendicular orientation film and sprinkling as usual the

spherical spacer which has a diameter equal to a substrate to cell thickness, the substrate of another side will be stuck. However, when a projection is formed on an electrode, some sprinkled spacers will be located on a projection. If the diameter of a spacer is made equal to cell thickness in case there is no projection, cell thickness will become larger than a desired value for the spacer which gets on a projection. Furthermore, the force joins the once assembled panel from the exterior, in [ a spacer projecting ], cell thickness becomes [ the portion ] large with \*\*\*\*\* , and problems, such as display unevenness, arise. It is made for such a problem not to arise by reducing the diameter of a spacer beforehand in consideration of the thickness of a projection in the 44th example explained below.

[0207] Drawing 170 is drawing showing the panel structure of the 44th example, and shows the condition that (1) assembled, (2) assembled the front TFT substrate 17, and (3) assembled the front CF substrate 16. Projection 20A is formed on the electrode 12 of the CF substrate 16, the perpendicular orientation film 22 is formed further, projection 20B is formed on the electrode 13 of the TFT substrate 17, and the perpendicular orientation film 22 is further formed as shown in (1) of drawing 170, and (2). Projections 20A and 20B are 1 micrometer in the same height, and when it sees from a panel side, they are assembled so that it may not cross mutually. Cell thickness is 4 micrometers and the diameter of the spacer 85 made from plastics is 3 micrometers which subtracted the height of a projection from cell thickness. it is shown

in (1) of drawing 170 -- as -- the TFT substrate 17 -- a spacer 85 -- 150-300 piece/mm<sup>2</sup> It sprinkles. a seal is formed in the CF substrate 16 with the resin made from adhesion, and it sticks [ it is alike and ] on the TFT substrate 17. As shown in (3), a spacer 85 is located on projection 20B or under 20A by a certain probability. This probability is the whole area of the portion of Projections 20A and 20B rate of. If it is in the condition of (3), cell thickness will be regulated by the thickness of the spacer located on projection 20B or under 20A, and a projection. The spacer 45 in portions other than projection 20A and 20B turns into a suspension spacer which does not influence cell thickness. Since cell thickness is regulated by Projections 20A and 20B, cell thickness hardly becomes larger than a desired value. Moreover, even if spacers other than the portion of a projection during use of a panel move to the portion of a projection, cell thickness does not become thick, and even if the spacer which suited a part for a height moves to portions other than a projection, it only becomes a suspension spacer.

[0208] Drawing 171 is drawing showing the spraying density of a spacer, and the relation of cell thickness. It is the spraying density of a spacer 100-500 pieces/mm<sup>2</sup> Then, cell thickness serves as the range of 4micrometer\*\*0.5micrometer. Next, the unevenness of cell thickness and the experimental result of the spraying density of a spacer which are generated when the force is applied to a panel from the exterior are shown in drawing 172. This result to spraying density is 2 150 pieces/mm. Below,

it is easy to generate unevenness to force application, and is 2 300 pieces/mm. Above, it is easy to generate unevenness to hauling. Therefore, spraying density is 2 150-300 pieces/mm. It is the optimal.

[0209] By the manufacturing process of a liquid crystal display panel, an ionicity impurity may be incorporated or the ion eluted from the ion and orientation film which are contained in liquid crystal, a projection formation material, a sealant, etc. may mix into a liquid crystal panel. If ion mixes into a liquid crystal panel, in order for the specific resistance of a panel to fall, the effectual voltage impressed to a panel will fall, and it will become the cause which display unevenness generates. Moreover, mixing of ion also becomes the cause of generating the seizure of a display on a panel, and leads also to decline in voltage retention further. Thus, when ion mixes in a panel, the display quality and reliability of a liquid crystal panel will fall.

[0210] Therefore, it is desirable to prepare the ion adsorption capacity force in the projection of the dielectric formed on the electrode used as a domain regulation means explained in the old example. In order to give the ion adsorption capacity force, there are two methods. One is irradiating ultraviolet rays and another side is adding the material which has the ion adsorption capacity force into the material of a projection. If ultraviolet rays are irradiated, since the surface energy of a projection formation material will go up, the ion adsorption capacity force is heightened. Surface energy  $\gamma$  is expressed with the sum of polar term  $\gamma_p$  of surface energy,

and distributed term  $\gamma_d$  of surface energy. A polar term is based on coulomb electrostatic force, and a distributed term is based on the dispersion force of the Van der Waals force. If ultraviolet rays are irradiated, cutting of association of the low part of binding energy will break out, and the cut part and the oxygen in air will join together. By that cause, surface polarizability increases, a polar term becomes large, and surface energy increases. If the degree of polarization increases, ion will become that the surface is easy to adsorb. That is, the projection surface comes to have the ion adsorption capacity force by irradiating ultraviolet rays. In case ultraviolet rays are irradiated, it is desirable to irradiate only a projection alternatively, but since association of a projection formation material tends to go out rather than association on the surface of a substrate, even if it irradiates ultraviolet rays all over a panel, only a projection comes to have the ion adsorption capacity force. After irradiating ultraviolet rays, a perpendicular orientation film is formed.

[0211] As a material which has the ion adsorption capacity force, ion exchange resin, a chelating agent, a silane coupling agent, silica gel, the alumina, the zeolite, etc. are known. Among these, ion exchange resin exchanges ion, and although it supplements with the ion which existed from the beginning as an impurity instead, it is not suitable [ ion exchange resin ] for adding into a projection formation material in order to emit another ion. Since the material which has the capacity supplementary to ion exists in the material which has the chelate

organization potency force, without emitting another ion, it is desirable to use such a material. As such a material, there are crown ether as shows a chemical formula in drawing 173, and cryptand as show a chemical formula in drawing 174.

Furthermore, it has the capacity supplementary to ion, without inorganic materials, such as an alumina and a zeolite, also emitting ion. Therefore, these materials are used. In addition, since a limitation is in the class of ion adsorbed only with one ion adsorption material, it is good to use it combining the material which adsorbs different ion.

[0212] The result of having formed the projection train whose height the gap between 1.5micro and a projection is width of face of 7.5 micrometers, and is 15 micrometers by the positive resist, having performed processing which gives various kinds of above-mentioned ion adsorption capacity force, and having measured early ion density and the ion density (unit pc) after using it for 200 hours by the manufactured panel is shown in drawing 253. In drawing 253, the ultraviolet rays of 1500mJ(s) were irradiated in Example C, 0.5 percentage by weight of crown ether was added in Example D, the zeolite was added in Example E, and crown ether and a zeolite were added in Example F. In addition, the case where processing which gives the ion adsorption capacity force for reference is not performed is shown as an example of a comparison. Impressing the 0.1Hz triangular wave of 10V at the time of use, the temperature at the time of measurement is 50-degreeC. The initial value of ion

density is the almost same level irrespective of the existence of this result to ion adsorption capacity force processing.

However, the ion density of 200 hours after is increasing sharply, when not processing, but if it processes, it is understood that there are few increments.

[0213] Moreover, although seizure occurred when the running trial of what irradiated ultraviolet rays, and the thing which does not process at all was actually carried out for 500 hours, and not processing, seizure was not generated in what irradiated ultraviolet rays. Although the configuration which forms the near projection pattern of the CF substrate 16 by the black matrix is indicated in the 40th example, it explains in more detail about this.

[0214] As mentioned above, if a projection pattern can be formed in the CF substrate 16 using the conventional production process, since a new production process will not be added, the increment in cost for formation of a projection pattern can be suppressed to the minimum. The 45th example is an example which forms a projection pattern in the CF substrate 16 using the conventional production process. Drawing 175 is drawing showing the structure of CF substrate of the 45th example. As shown in (1) of drawing 175, in the 45th example, color filter resin (CF resin) 39R and 39G (otherwise, it is 39B) is formed for every pixel on the CF substrate 16. And on it, with suitable materials, such as a black matrix, CF resin, and other flattening resin, projection turn 50A is formed at a position, and ITO(transparent electrode) 12 is formed on it. Although

especially the material of a black matrix is not limited, in order to form a projection, a certain amount of thickness is required, and it is desirable to use resin, when it is taken into consideration.

[0215] (2) of drawing 175 is drawing showing the modification of CF substrate of the 45th example, on the CF substrate 16, is suitable materials, such as a black matrix, CF resin, and other flattening resin, and forms projection turn 50B at a position. Then, if CF resin 39R and 39G is formed, since CF resin laps, the portion of a projection will become thick and will be projecting as it is. ITO(transparent electrode) 12 is formed in this.

[0216] A projection can be formed in any location of CF substrate if it is the structure of the 45th example. Drawing 176 is drawing showing the panel structure of the 46th example. In the 46th example, projection 50 is formed in the portion of the joint of the black matrix, Periphery 39R, 39G, and 39B, i.e., CF resin, of a pixel of the CF substrate 16, 34, and projection 20B is formed in the TFT substrate 17 in the middle of this joint. Therefore, in forming the projection which continued on the side of the lot which the joint of each pixel counters with the CF substrate 16, i.e., a straight line-like projection pattern, it forms the straight line-like projection pattern which is parallel to this projection pattern near the center of the pixel of a TFT substrate. Moreover, since it becomes a pattern as shown in drawing 80 and drawing 81 when forming the projection which continued on all the sides of the joint of each pixel with the CF substrate 16, a rectangular-head

drill-like projection is formed near the center of a pixel at the TFT substrate 17.

[0217] If it is the panel structure of the 46th example, various modes are possible for the structure. Hereafter, the example of the structure of CF substrate of the 46th example is explained. Drawing 177 to the drawing 182 is drawing showing the example of structure of CF substrate of the 46th example. In (1) of drawing 177, the black matrix (BM) 34 is established between CF resin 39R and 39G, BM34 is formed more thickly than CF resin, and the ITO electrode 12 is formed on it. The portion of BM34 is projecting. It is desirable to form BM34 by resin etc. also in this case.

[0218] In (2) of drawing 177, after forming thin BM34 with a metal etc. on the CF substrate 12 and forming a color filter by CF resin 39R and 39G on it, projection 70 is further formed by CF resin 39R, and the ITO electrode 12 is formed further. In (1) of drawing 178, after forming thin BM34 with a metal etc. on the CF substrate 12 and forming a color filter by CF resin 39R and 39G on it, projection 71 is formed with resin other than BM34 and CF resin, for example, the resin used for flattening material, and the ITO electrode 12 is formed further. In this case, flattening material is formed like (1) of drawing 177 more thickly than CF resin.

[0219] In (2) of drawing 178, after forming BM34 for thickness of a projection by resin etc. on the CF substrate 12, and forming a color filter by CF resin 39R and 39G so that it may lap with BM34, the ITO electrode 12 is formed further. The portion of CF resin which laps with BM34 is projecting. In (1) of

drawing 179, after forming thin BM34 with a metal etc. on the CF substrate 12 and forming CF resin 39R on it, CF resin 39G are formed so that it may lap with CF resin 39R, and the ITO electrode 12 is formed further. The portion with which CF resin laps is projecting. Since there is BM34 in the portion of a projection and light is not passed, which color filter resin may be a top. If it is this structure, since a projection can be formed at the production process which forms a color filter, a production process does not increase.

[0220] By (1) of drawing 177, it forms (2) of drawing 179 so that a part of CF resin 39R and 39G may lap with the flattening material 71. The portion to which CF resin laps with the flattening material 71 is projecting. Thereby, the flattening material 71 can be made thin to a part for the height of a projection. The above structure forms an ITO electrode after a projection, and although it is structure which has a projection in an electrode, it explains the example which forms a projection by the insulating material on an ITO electrode next.

[0221] In drawing 180, after forming a color filter in the CF substrate 16 by CF resin 39R and 39G, the ITO electrode 12 is formed further and a projection is formed by BM34 on it. A production process does not increase in this case, either. In (1) of drawing 181, after forming thin BM34 in the CF substrate 16, the ITO electrode 12 is formed and a color filter is formed by CF resin 39R and 39G on it. CF resin 39R and 39G is considered as a projection in piles in that case. A production process does not increase in this case, either.

[0222] In (2) of drawing 181, after forming thin BM34 in the CF substrate 16, a color filter is formed by CF resin 39R and 39G, the ITO electrode 12 is formed further, and projection 50E is formed by flattening material on it. In (1) of drawing 182, after forming the ITO electrode 12 in the CF substrate 16, a color filter is formed by CF resin 39R and 39G on it, and a projection is formed by BM34.

[0223] In (2) of drawing 182, after forming thin BM34 in the CF substrate 16, a color filter is formed by CF resin 39R and 39G on it, and the flattening material 50F surface is made flat. The ITO electrode 12 is formed on it, BM34 is formed further, and it considers as a projection. Drawing 183 and drawing 184 are drawings explaining the manufacturing process of the color filter (CF) substrate in the 47th example. This CF substrate has a projection as a domain regulation means.

[0224] As shown in (1) of drawing 183, a glass substrate 16 is prepared. Next, as shown in (2), 1.3 micrometers resin (B resin: CBmade from the Fuji hunt- 7001) 39B' for filters of CF of a negative mold for blue is applied on a glass substrate 16. As shown in (3), an B resin is formed in the portions of (Blue B) pixel section, the BM section, and projection 20A by the photolithography method which used a photo mask 370 like illustration. Next, as shown in (4), resin (R resin: CRmade from the Fuji hunt- 7001) 39R' for filters for red is applied, and R resin is formed in the portions of (Red R) pixel section, the BM section, and projection 20A by the photolithography method which used the photo mask 371. Furthermore, as shown

in (5), resin (G resin: CGmade from the Fuji hunt- 7001) 39G' for filters for greens is applied, and G resin is formed in the portions of the (green G) pixel section, the BM section, and projection 20A by the photolithography method which used the photo mask 372. According to the above production process, only one layer of three layers of resin of B, G, and R laps with BM section and projection 20A, and the color filter (CF) resin corresponding to each pixel section of B, G, and R is formed. The portion with which three layers of resin of B, G, and R lapped turns into a part for Kurobe which hardly penetrates light. Next, about 1.5 micrometers (Hitachi Chemical make: H.P.-1009) of transparence flattening resin are applied by the spin coater, and after carrying out post baking in the oven of 230-degreeC for 1 hour, an ITO film is formed by the mask spatter. Next, they are the ultraviolet rays which prebake a black positive resist (Tokyo adaptation make : CFPR-BKP) after about 1.0 - 1.5-micrometer spreading by the spin coater, let CF resin pass from the back of a glass substrate 16, and contain the wavelength of 365nm as shown in (6) 1000 mJ/cm<sup>2</sup> It exposes. Since the permeability of ultraviolet rays is low compared with other portions, the portion with which three layers of resin of B, G, and R lapped does not reach the threshold of exposure. And if negatives are developed with an alkali developer, since the BM section 34 and projection 20A which were not exposed will be formed, post baking is carried out in the oven of 230-degreeC for 1 hour. Furthermore, the perpendicular orientation film 22 is formed and CF

substrate is completed.

[0225] Drawing 185 is a cross section of the liquid crystal panel which stuck the CF substrate 16 and the TFT substrate 17 which were manufactured as mentioned above, and was completed. The slit 21 is formed in the TFT substrate 17 as a domain regulation means at the pixel electrode 13, and the perpendicular orientation film 22 is formed on it. Reference numbers 40 are a gate protective coat and a channel protective coat. In addition, BM34 and the resin, B, G, and R, of three layers have lapped with the portion to be shaded, and protection from light nature is good. Moreover, projection 20A of the CF substrate 16 and the slit 21 of the TFT substrate 17 divide the orientation of liquid crystal, and a good viewing-angle property and a high working speed are obtained.

[0226] In the 47th example, as explained above, since it is not necessary to perform pattern exposure and pattern NINGU can be carried out by back exposure when forming projection 20A which is the domain regulation means of CF substrate, and BM34, projection 20A and the formation production process of BM34 become easy, cost is reduced, and the yield improves. In addition, in the 47th example, although the pigment content powder method is used for formation of CF, when forming a staining technique and the nonphotosensitivity resist which is making polyimide etc. distribute a pigment by etching, it can apply similarly. Moreover, although three layers of CF resin were put on projection 20A and the portion of BM34 in the 47th example, two-layer is possible if the wavelength and exposure

energy of exposure light at the time of back exposure are chosen suitably.

[0227] Although the projection which is a domain regulation means was formed in CF substrate without pattern NINGU with BM in the 47th example, also when forming only BM, without forming a projection, naturally it can apply. A projection is an example which forms BM, without forming by the method as the 47th example that the 48th example is the same. Drawing 186 is drawing explaining the manufacturing process of CF substrate in the 48th example, and drawing 187 is drawing showing the panel structure of the 48th example.

[0228] The 48th example forms the BM projection 381 only in the portion corresponding to BM for CF resin in piles, without putting CF resin on the portion corresponding to a projection. Next, without carrying out, as shown in (1) of drawing 186, flattening forms the ITO film 12 and applies about 2.0 micrometers - the 2.5 micrometers of the above-mentioned black positives resist 380 in predetermined thickness, for example. By carrying out back exposure on it and developing negatives, the panel which piled up the BM resist 380 after the BM projection 381 as shown in (2) of drawing 186 is obtained. BM is made by both the BM projection 381 and the BM resist 380.

[0229] A panel as stuck such a CF substrate and a TFT substrate and shown in (1) of drawing 187 is manufactured. (2) of drawing 187 is the enlarged view of the circular parts of the dotted line of (1), and the BM resist 380 touches the TFT substrate 17, and it has specified the distance between substrates by both the BM projection 381 and the BM

resist 380. That is, the BM projection 381 and the BM resist 380 have played the role of a spacer.

[0230] As explained above, in order for BM to play the role of a spacer, in the 48th example, it is not necessary to form a spacer, when it is not necessary to carry out pattern NINGU of the BM and a production process becomes easy. In addition, although BM was formed in the 48th example, without carrying out pattern NINGU by back exposure using a positive resist, as long as it carries out pattern NINGU by the photolithography method, the resist of both a negative mold and a positive type may be used. Moreover, since the projection which is a domain regulation means, and work of a spacer are naturally carried out even if not black, it is effective also in the 47th example.

[0231] Next, the example which uses as BM the projection 381 which piled up CF resin in the 48th example as it is explained. Drawing 188 is drawing explaining the manufacturing process of CF substrate in the 48th example, and drawing 189 is drawing showing the panel structure of the 48th example. As shown in (1) of drawing 188, the projection 381 which hardly penetrates three layers of light for CF resin in piles into the portion of BM is formed. Next, as shown in (2), after applying about 1.5 micrometers of the above-mentioned transparence flattening resin by the spin coater and carrying out postbake by 230-degreeC for 1 hour, the ITO film 12 is formed. Furthermore, as shown in (3), about 1.0-1.5 micrometers (SHIPUREI Far East company make: SC-1811) of positives resist are applied, and projection 20A is formed by



the photolithography method after prebaking. Since the projection 381 which piled up three layers of CF resin of B, G, and R hardly penetrates light, it acts as BM. Thus, by sticking the completed CF substrate 16 through the TFT substrate 16 and a spacer 45, a panel as shown in drawing 189 is completed.

[0232] Although the 49th example explained the example which forms BM for CF resin in piles from the 47th example, the liquid crystal display of VA method which pinches negative-mold liquid crystal is a normally black, and the non-pixel section to which voltage is not impressed hardly penetrates light. Therefore, in the case of a normally white, BM which shades the non-pixel section can also use the thing of light transmittance which becomes a problem. That is, it can be said that BM should just be to some extent low light transmittance. The 50th example is an example which simplifies manufacture of CF substrate paying attention to such a point, and uses an B resin for one CF resin and a concrete target as BM. This does not produce a problem as display quality, either.

[0233] Drawing 190 is drawing explaining the manufacturing process of CF substrate in the 50th example, and drawing 191 is drawing showing the panel structure of the 50th example. As shown in drawing 190, they are R and G (the Fuji hunt company make: CR-7001, CG-7001) on a glass substrate 16. Negative-mold B photopolymer after forming CF resin of two colors (the Fuji hunt company make: CB-7001) It applies by the spin coater or the roll coater, and prebakes. Then, they are the ultraviolet rays

which contain the wavelength of 365nm from the back of a glass substrate 16 300 mJ/cm<sup>2</sup> It exposes, negatives are developed with an alkali developer (the Fuji hunt company make: CD), and postbake is carried out in the oven of 230-degreeC for 1 hour. Then, an ITO film is formed and a perpendicular orientation film is formed further. That is, an B resin will be formed in addition to the portion in which CF resin of R and G is formed. Therefore, an B resin will be formed in a portion with the necessity of shading if it is made not to form CF resin of R and G in a portion with the necessity of forming BM and shading.

[0234] As shown in (1) of drawing 191, B resin 39B is formed in the portion of the bus lines 31 and 32 with the necessity of shading, and the portion of TFT, as BM. In addition, (2) of drawing 191 is drawing which expanded the circular parts of the dotted line of (1), and when sticking two substrates for the width of face of the CF side protection-from-light section (B resin) 382 shown by the arrow head on the width of face of the bus lines 31 and 32 of the TFT substrate 17 like illustration, it can also obtain a high numerical aperture by making it the width of face which added margin \*\*.

[0235] In the 50th example, generally, since the permeability of g of sensitization wavelength, h, and i line was B resin >R resin >G resin, it formed the B resin at the end, but if CF resin with high (there is little light exposure and it is good) exposure sensitivity and CF resin with high sensitization wavelength permeability are formed at the end, the resin remainder of the last formation color is hard to generate

and is effective on the already formed resin. Furthermore, it is also effective to form an alignment mark in the Isshiki eye with a pixel pattern using the color (generally [ in the transmitted light ]  $B>R>G$ ) resin which the location alignment mark of an aligner tends to identify.

[0236] Drawing 192 is drawing showing the structure of CF substrate of the 51st example. In the conventional liquid crystal display, BM34 of a metal membrane was formed on the glass substrate 16, CF resin was formed on it, and the ITO film was further formed on it. On the other hand, in the 51st example, BM is formed on an ITO film. In the 51st example, like the example explained until now, pattern NINGU of the CF resin 39 is carried out, and it is formed on a glass substrate 16. Transparence flattening material may be applied if needed. Next, the transparent ITO film 12 is formed and the protection-from-light film 383 is formed in the portion of illustration on it. For example, the spatter of about 0.1 micrometers of the ITO films 12 is carried out through a mask, and about 0.1 micrometers of Cr(s) are formed as a protection-from-light membrane layer on it. Furthermore, on a protection-from-light membrane layer, a resist is applied to homogeneity by the methods of application, such as a spin coat method, about 1.5 micrometers in thickness, exposure of the pattern of a protection-from-light film, development, etching, and exfoliation are performed, and the protection-from-light film 383 is formed. The protection-from-light film 383 is conductivity in Cr, and since a touch area with the ITO film 12 is also large,

it is effective in making low resistance of the ITO film 12 in the whole substrate. In addition, formation of the ITO film 12 or the protection-from-light film 383 may be performed by what kind of method. For example, if it is the conventional method, after membrane formation of the ITO film 12, it will anneal, substrate washing will be performed, Cr film will be formed, but in the 51st example, since it becomes possible to perform membrane formation of the ITO film 12 and Cr film continuously within 1 equipment and it can reduce washing production processes, a production process can be simplified. Therefore, membrane formation equipments can be reduced and equipment can also be made small.

[0237] Drawing 193 is drawing showing the modification of CF substrate of the 51st example. In (1) of drawing 193, after forming three CF resin and forming another resin 384 in the slot of the boundary section of CF resin, the ITO film 12 and the protection-from-light film 383 are formed. In (2) of drawing 193, like the 50th example explained in drawing 190, after forming two CF resin 39R and 39G, about 1.5 micrometers of B resins were applied, back exposure was carried out, negatives were developed, and the flat surface was formed. The ITO film 12 and the protection-from-light film 383 are formed on it. If it is this, since the surface of CF layer is flat, an open circuit of an ITO film will be lost and resistance of the ITO film 12 in the whole substrate can be further made low. [0238] In addition, if the low coloring resin of a reflection factor is used as the resin 384 under the protection-from-light film 383, or

39B, it is possible for the reflection factor of the protection-from-light section to become low, and to carry out reflection of the outdoor daylight of a liquid crystal display to low reflection more. Furthermore, if the low coloring resin of permeability is used as the resin 384 under the protection-from-light film 383, or 39B, it is possible for the permeability of the protection-from-light section to become low, and to form a liquid crystal display into high contrast.

[0239] Moreover, since it is not necessary to carry out pattern NINGU when forming CF resin 34B if it is the structure of (2) of drawing 193, it becomes unnecessary to use the aligner in which that much expensive pattern NINGU is possible, plant-and-equipment investment can be lessened, and cost can also be reduced. Drawing 194 is drawing showing the modification of the 51st example, and a spacer 45 is formed on the protection-from-light film formed in the configuration of arbitration after pattern NINGU of a resist by mixing the spacer which controls the thickness of a liquid crystal layer beforehand in the resist applied on a protection-from-light film. Thereby, the spraying production process of a spacer becomes unnecessary.

[0240] Drawing 195 is drawing showing CF substrate of the modification of the 51st example. In this example, in the 51st example, when carrying out pattern NINGU of the protection-from-light film 383 and exposing it after forming Cr on the ITO film 12 and applying a resist on it, pattern NINGU also of the portion of a projection which works as a domain regulation means

is carried out together. And after performing development and etching, it does not exfoliate but leaves a resist as it is. Thereby, the insulating projection 387 which works as a domain regulation means is formed in the CF substrate 16. Such a CF substrate is used and the panel of structure as shown in drawing 196 is realized.

[0241] As the 47th example etc. explained, after having applied flattening agents, such as acrylic resin, after forming CF layer, and making the surface flat, the electrode 12 of an ITO film was formed with the CF substrate 16. However, this production process may be skipped for simplification of a production process. What does not have a layer for such flattening is called CF substrate without topcoat. The following problems will be produced if an electrode 12 is formed without topcoat. Since a hollow is generated into the portion between each CF and an anisotropy is towards a spatter when sputtering of the ITO film is carried out, an ITO film will be attached to the portion of the hollow between each CF to an ITO film being densely attached to the flat portion of each CF at base. For this reason, on the ITO film attached to the portion of a hollow, the bigger crevice than the ITO film of a flat portion will have opened.

[0242] For this reason, when applying or printing a perpendicular orientation film on CF substrate, the solvent which will be contained in the orientation film by the time it performs PURIKYUA (BEKU) after spreading/printing enters into CF layer from the portion of a slot. Even if the solvent which entered prebakes, after remaining in the interior and assembling it, it comes out,

and it makes the orientation film surface produce a crater etc. If a crater arises, display unevenness will occur. if protection-from-light layers, such as chromium, are prepared in the slot between each CF like the 51st example -- thereby -- CF layer of the solvent of an orientation film -- entering -- it can prevent now. In the 52nd example explained below, in order to prevent the enter lump by CF layer of the solvent of an orientation film, the resin prepared in the slot between each CF is used as a projection.

[0243] Drawing 254 is drawing showing the manufacture method of CF substrate of the modification of the 51st example. (1) is CF substrate without topcoat, each CF layer of RGB is formed, the protection-from-light film 34 is formed in the bottom of a boundary portion, and, upwards, the ITO film 12 for electrodes is formed.

POJIFOTOREJISUTO 389 is applied as shown in (2). As shown in (3), ultraviolet rays are irradiated from a glass substrate side, and if negatives are developed, projection 390 will be formed in the portion of the protection-from-light film 34 as shown in (4). Projection 390 prevents permeation in CF layer of a solvent at the time of spreading of a perpendicular orientation film. Furthermore, after being assembled, it functions as projection 20A by the side of CF substrate formed in the boundary of a pixel.

[0244] In the above, although the panel structure of the liquid crystal display of this invention was explained, the application suitable for such a panel is explained.

Drawing 197 is the example of the product which used the liquid crystal display of this

invention, and drawing 198 is drawing showing the configuration of this product. As shown in drawing 198, as explained until now, there is the screen 111 in a liquid crystal panel 100, and a viewing-angle property is good, and the image displayed also from the big direction to which it inclined the degree of angle can be seen in good quality only from a transverse plane, without producing tone reversal by high contrast. Behind the liquid crystal panel 100, the transilluminator 113 for making the illumination light from the light source 114 and the light source 114 into the light which illuminates a liquid crystal panel 110 uniformly is formed.

[0245] As shown in drawing 197, the portion of the display screen 110 is pivotable and it can be used also as a display of a vertical mold also as a display of a horizontal type with this product according to a use. For this reason, it switches whether the switch which detects having leaned 45 degrees or more is formed, the condition of this switch is detected, and it displays as a display of a horizontal type, or it displays as a display of a vertical mold. In order to perform such a switch, the device in which read-out of the indicative data from the frame memory for image display is performed from a direction different 90 degrees etc. is required, but since the technology for it is known widely, explanation is omitted here.

[0246] The advantage at the time of applying the liquid crystal display of this invention to such a product is explained. In the conventional liquid crystal display, since an angle of visibility was narrow, when it was made the big display screen, the angle

of visibility to a periphery became large, and the problem that a periphery was hard to see had produced it. However, since the display of high contrast is in sight also in a big viewing angle as for the liquid crystal display which applied this invention, without gradation being reversed, such a problem does not produce it. With a product as shown in drawing 197, an angle of visibility becomes large to a periphery with the longer display screen. Therefore, although the liquid crystal display was not able to be used for such a product, if it is the liquid crystal display of this invention, since the angle of visibility is large, it is fully applicable.

[0247] Although the example explained until now showed the equipment which mainly divides orientation into two fields to which bearings differ by a unit of 90 degrees with four fields where every 90 degrees of bearings differ, the case where these are applied to this invention is considered. Since a viewing-angle property almost good about all the directions is acquired when orientation is divided into four fields to which every 90 degrees of bearings differ, especially a problem is not produced even if it sets the direction of orientation as any. For example, as the projection pattern shown in drawing 46 is shown in (1) of drawing 199 to a screen, when it has arranged, since a longitudinal direction and the vertical direction are 80 degrees or more, they rotate the viewing angle a display looks good, and especially a problem is not produced even if a projection pattern becomes like [ on the right of drawing ].

[0248] On the other hand, although the

viewing-angle property of the direction which carried out orientation division improves when orientation is divided into two fields to which 180-degree bearings differ, as for a direction which is different 90 degrees in it, a viewing-angle property is seldom improved. Therefore, when a viewing-angle property almost equal to a longitudinal direction and the vertical direction is required, as shown in (2) of drawing 199, it is desirable to run a projection pattern in the direction of slanting on a screen.

[0249] Next, the manufacturing process of the liquid crystal display of this invention is explained briefly. Generally, as shown in drawing 200, the washing production process 501 of a substrate, the gate electrode formation production process 502, the layer continuation film formation production process 503 of operation, the isolation production process 504, the protective coat formation production process 505, the pixel electrode formation production process 506, and an assembler are performed in order of 508, but the manufacturing process of a liquid crystal panel will establish the projection formation production process 507 after the pixel electrode formation production process 506, if an insulating projection is formed.

[0250] As shown in drawing 201, a projection formation production process consists of the prebaking production process 512 which calcinates the resist applied with the resist spreading production process 511, a projection pattern exposure production process 513 exposed so that it may leave the portion of a projection, a development

production process 514 which removes portions other than a projection, and a postbake production process 215 which calcinates the projection which remained. As the 1st example explained, it is desirable for there to be a possibility that a resist will react with an orientation film at the orientation film formation production process performed at a next production process, and to calcinate at an elevated temperature to some extent in consideration of it in the postbake production process 515. In that case, if the cross section of a projection inclines in the shape of boiled fish paste, the stability of orientation will also increase.

[0251] Also when forming a hollow as a domain regulation means, it is carried out at the almost same production process, but since what is necessary is just to form a pattern which prepares a slit in a pixel electrode at the pixel electrode formation production process 506 of drawing 200 in forming a slit in an electrode, the projection formation production process 507 becomes unnecessary. Having been shown in drawing 201 can also form a projection pattern by printing, although it is an example in the case of forming a projection pattern by the photosensitive resist. Drawing 202 is drawing showing how to form a projection pattern in Toppan Printing. As shown in drawing 202, a projection pattern is formed in the flexible letterpress 604 made of APR resin, and this is fixed to the surface of the big roll 603 called a printing cylinder. A printing cylinder is interlocked with the ANIKKUSU roll 605, a doctor roll 606, and the printing stage 602, and is rotated. If the

polyimide resin solution for projection formation is dropped on the ANIKKUSU roll 605 by the dispenser 607, it will be extended by the doctor roll 606 and the solution which the resin solution developed and developed by homogeneity on the ANIKKUSU roll 605 was imprinted by letterpress 604, and was imprinted by the heights of letterpress 604 will be imprinted by the substrate 609 on the printing stage 602. Then, baking etc. is processed. If various utilization is carried out and the method of forming a pattern minute otherwise by printing can form a projection pattern using them, a projection pattern can be formed by low cost.

[0252] Next, impregnation processing of the liquid crystal to the liquid crystal panel after sticking a vertical substrate is explained. Although liquid crystal is poured in after sticking CF substrate and a TFT substrate like the assembler of a liquid crystal panel, as drawing 18 explained, LCD of a VA mold TFT method has narrow cell thickness, although the time amount of liquid crystal impregnation becomes long, in order to prepare a projection, the time amount of liquid crystal impregnation is long, and to shorten time amount of liquid crystal impregnation as much as possible is desired.

[0253] Drawing 203 is drawing showing the configuration of a liquid crystal injection injector. Although detailed explanation of this equipment is omitted, the impregnation connector 615 is connected to the liquid crystal inlet of a liquid crystal panel 100, and liquid crystal is supplied from the liquid crystal degassing pressure tank 614. The exhaust air connector 618 is connected to it

and coincidence for the exhaust port of liquid crystal, the inside of a liquid crystal panel 100 is decompressed with the vacuum pump 620 for exhaust air, and liquid crystal makes it be easy to be poured in. The liquid crystal discharged from an exhaust port is separated with a gas by the liquid crystal trap 619.

[0254] In the 1st example, as shown in drawing 18, projection 20 is a straight line-like and was running in the direction parallel to the long side of a panel 100. Therefore, the inlet 102 of liquid crystal was established in the shorter side of a panel perpendicular to projection 20, and the exhaust port 103 was established in the shorter side of that an inlet 102 is formed and the opposite side. As shown in (1) of drawing 204, and (2), when similarly the projection 20 is running in the direction parallel to the shorter side of a panel 100 by the shape of a straight line, the inlet 102 of liquid crystal is established in the long side of a panel perpendicular to projection 20, and, as for an exhaust port 103, it is desirable to prepare in the long side of that an inlet 102 is formed and the opposite side. Moreover, also when projection 20 is zigzag, as the inlet 102 of liquid crystal is established in the side of a panel perpendicular to the direction in which projection 20 is prolonged and it is shown in drawing 206, it is desirable [ an exhaust port 103 ], as shown in drawing 205 to prepare in the side of that an inlet 102 is formed and the opposite side.

[0255] Here, a poor display will be caused, if air bubbles may mix at the time of impregnation of liquid crystal and air

bubbles mix. When the liquid crystal and the perpendicular orientation film of a negative mold are used, it becomes a black display at the time of no voltage impressing, but even if air bubbles mix in liquid crystal, since the portion becomes a black display, if it remains as it is, mixing of air bubbles cannot be discovered. Therefore, voltage was impressed to the electrode, and it was made the white display, and was checking that air bubbles were not mixing because there is no portion of a black display. However, since there was no electrode near the inlet of liquid crystal, even if air bubbles were mixed in this portion, it was not able to discover. Since there is a possibility of it being spread someday and reducing display quality when air bubbles are in this portion, it is necessary to also discover the air bubbles near an inlet. Then, an electrode 120 is formed also near [ inlet 101 ] the outside of a viewing area 121 and the black matrix 34, and it enables it to detect mixing of air bubbles also in this portion with the liquid crystal display of this invention, as shown in drawing 207.

[0256] Since the liquid crystal display of projection and become depressed and using domain regulation means, such as slit, VA method does not need to perform rubbing processing as explained until now, the contamination in a production process is reduced sharply. Therefore, there is an advantage that a part of washing production process can be skipped. However, the problem of the resistance to contamination over the organic substance being weak compared with the positive type usually used, and it being especially weak to

polyurethane system resin or the skin, and causing a poor display has produced the negative-mold (n mold) liquid crystal to be used. It is considered to be the cause that the specific resistance of the liquid crystal with which the poor display was polluted falls.

[0257] Then, when it was polyurethane system resin and the skin of what kind of magnitude first, it investigated whether it would become a poor display. Drawing 208 is the liquid crystal panel of VA method. After forming a perpendicular orientation film in two substrates 16 and 17, some polyurethane system resin whose magnitude is about 10 micrometers was put on one substrate, the spacer 45 was formed in one side, the sealant 101 was formed in another side, lamination and liquid crystal were poured in, and the panel was manufactured. Consequently, polyurethane system resin 700 extended area by heat and cel thickness (cel gap) formation, and the poor display by liquid crystal contamination was accepted in 15-micrometer angle in 0.5-2mm centering on breadth and polyurethane system resin 700.

[0258] The magnitude of polyurethane system resin 700 is changed and the result of having investigated the contamination area size of liquid crystal is shown in drawing 209. If it is beyond the display within 0.3mm angle on a panel and is satisfactory, it is necessary to use magnitude of polyurethane system resin below as 5-micrometer angle. This was the same also about the skin. As mentioned above, polyurethane system resin and the skin reduce the specific resistance of liquid

crystal, and it generates a poor display owing to. The amount of mixing of polyurethane system resin and the relation of a fall of specific resistance were investigated. Drawing 210 is drawing showing the frequency dependent count result of the equal circuit of the liquid crystal pixel which the gate shows in drawing 211 supposing the condition of ON. A graph shows change of the effective voltage to frequency in case resistance is  $9.1 \times 10^9$ ,  $9.1 \times 10^{10}$ ,  $9.1 \times 10^{11}$ , and  $9.1 \times 10^{12}$  ohms in the equal circuit of a liquid crystal pixel. It turns out that the fall of the resistance of liquid crystal will produce the fall of effective voltage from now on. In the 1-60Hz frequency range related to an actual display, it turns out that the abnormalities of a display occur in the fall of the specific resistance of triple or more figures.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing explaining the panel structure and the principle of operation of the TN mold LCD.

[Drawing 2] It is drawing explaining change of the image by the angle of visibility of the TN mold LCD.

[Drawing 3] It is drawing explaining the IPS mold LCD.

[Drawing 4] It is drawing showing the definition of the coordinate meter in the observation which made the IPS mold LCD the example.

[Drawing 5] It is drawing showing the tone reversal field in the IPS mold LCD.

[Drawing 6] It is drawing showing the



change and tone reversal of gradation in the IPS mold LCD.

[Drawing 7] It is drawing explaining VA (Vertically aligned) method and its trouble.

[Drawing 8] It is explanatory drawing of rubbing processing.

[Drawing 9] It is drawing explaining the principle of this invention.

[Drawing 10] It is drawing explaining generation of the orientation by projection.

[Drawing 11] It is drawing showing the example of a configuration of a projection.

[Drawing 12] It is drawing showing the method which realizes liquid crystal orientation of this invention.

[Drawing 13] It is drawing showing the whole liquid crystal panel configuration of the 1st example.

[Drawing 14] It is drawing showing the panel structure of the 1st example.

[Drawing 15] It is drawing showing the projection pattern of the 1st example.

[Drawing 16] It is drawing showing the projection pattern of the periphery in the 1st example.

[Drawing 17] It is a panel cross section in the 1st example.

[Drawing 18] It is drawing showing arrangement of the liquid crystal inlet of the panel of the 1st example.

[Drawing 19] It is drawing showing the actual measurement of the projection configuration of the 1st example.

[Drawing 20] It is drawing showing the speed of response in the 1st example.

[Drawing 21] It is drawing showing the speed of response in the 1st example.

[Drawing 22] It is drawing showing the viewing-angle property in the 1st example.

[Drawing 23] It is drawing showing the viewing-angle property in the 1st example.

[Drawing 24] It is drawing showing the viewing-angle property in the 1st example.

[Drawing 25] It is drawing showing the viewing-angle property at the time of using a phase contrast film in the 1st example.

[Drawing 26] It is drawing showing the viewing-angle property at the time of using a phase contrast film in the 1st example.

[Drawing 27] It is drawing explaining generating of the leakage light for a height.

[Drawing 28] It is drawing showing change of the permeability when changing the height of a projection in the 1st example.

[Drawing 29] It is drawing showing change of the contrast when changing the height of a projection in the 1st example.

[Drawing 30] It is drawing showing the relation between the height of a projection in the 1st example, and the permeability of a white condition.

[Drawing 31] It is drawing showing the relation between the height of a projection in the 1st example, and the permeability of a black condition.

[Drawing 32] It is drawing showing the height of a projection in the 1st example, and the relation of a contrast ratio.

[Drawing 33] It is drawing showing the projection pattern of the 2nd example.

[Drawing 34] It is drawing showing the projection pattern of the 3rd example.

[Drawing 35] It is drawing showing other examples of the projection pattern of the 3rd example.

[Drawing 36] It is drawing showing the orientation of the liquid crystal molecule on a projection.

[Drawing 37] It is drawing showing the projection configuration of the 4th example.

[Drawing 38] It is drawing showing the panel structure of the 5th example.

[Drawing 39] It is drawing showing the pixel electrode pattern of the 5th example.

[Drawing 40] It is drawing showing the example of the orientation distribution in a slit connection.

[Drawing 41] It is drawing showing a projection in the 5th example, and generating of the domain in the slit section.

[Drawing 42] It is drawing showing the configurations of a projection in the 6th example, and the slit of an electrode.

[Drawing 43] It is drawing showing a projection in the 6th example, and generating of the domain in the slit section.

[Drawing 44] It is drawing showing the plan of the pixel section in the liquid crystal display of the 6th example.

[Drawing 45] It is drawing showing the pixel electrode pattern of the 6th example.

[Drawing 46] It is the cross section of the pixel section of the 6th example.

[Drawing 47] It is drawing showing the viewing-angle property in the 6th example.

[Drawing 48] It is drawing showing the viewing-angle property in the 6th example.

[Drawing 49] It is drawing showing the modification of the pixel electrode pattern of the 6th example.

[Drawing 50] It is drawing showing the pixel electrode pattern and structure of the 7th example of this invention.

[Drawing 51] It is drawing showing the plan of the pixel section in the liquid crystal display of the 8th example of this invention.

[Drawing 52] It is the cross section of the

pixel section of the 8th example.

[Drawing 53] It is drawing explaining the manufacture method of the TFT substrate in the 8th example.

[Drawing 54] It is drawing explaining the manufacture method of the TFT substrate in the 8th example.

[Drawing 55] It is drawing showing the projection pattern of the 9th example of this invention.

[Drawing 56] It is the plan of the pixel section of the 9th example.

[Drawing 57] It is drawing showing the modification of the projection pattern of the 9th example.

[Drawing 58] It is drawing showing the effect of the slanting electric field in an electrode edge.

[Drawing 59] It is drawing showing the problem in the case of using the projection which made zigzag crooked.

[Drawing 60] It is drawing showing the orientation of the electrode edge section in the case of using the projection which made zigzag crooked.

[Drawing 61] When using the projection which made zigzag crooked, it is drawing showing the portion to which a speed of response falls.

[Drawing 62] When using the projection which made zigzag crooked, it is the cross section of \*\*\*\*\* to which a speed of response falls.

[Drawing 63] It is drawing showing the basic configuration of the 10th example of this invention.

[Drawing 64] It is drawing showing the projection train pattern in the 10th example.

[Drawing 65] It is the detail drawing of the

feature portion in the 10th example.

[Drawing 66] It is drawing explaining change of the direction of orientation by the exposure of ultraviolet rays.

[Drawing 67] It is drawing showing the modification of the 10th example.

[Drawing 68] It is drawing showing the relation between a desirable edge and a projection.

[Drawing 69] It is drawing showing the relation between a desirable edge and a hollow.

[Drawing 70] It is drawing showing desirable straight line-like array of a projection.

[Drawing 71] It is drawing showing the projection pattern in the 11th example of this invention.

[Drawing 72] It is drawing showing the example which prepared the projection of discontinuity for every pixel.

[Drawing 73] It is drawing showing the projection pattern in the 12th example of this invention.

[Drawing 74] It is drawing showing the modification of the 12th example.

[Drawing 75] It is drawing showing the modification of the 12th example.

[Drawing 76] It is drawing showing the projection pattern in the 13th example of this invention.

[Drawing 77] It is the cross section of the 3rd example.

[Drawing 78] It is drawing showing an operation and electrode structure of auxiliary capacity.

[Drawing 79] It is drawing showing the projection pattern and CS electrode of the 14th example of this invention.

[Drawing 80] It is drawing showing the

modification of the 14th example.

[Drawing 81] It is drawing showing the modification of the 14th example.

[Drawing 82] It is drawing showing the modification of the 14th example.

[Drawing 83] It is drawing showing the projection pattern of the 15th example of this invention.

[Drawing 84] It is drawing explaining orientation change of the liquid crystal in the 15th example.

[Drawing 85] It is drawing showing the viewing-angle property in the 15th example.

[Drawing 86] It is drawing showing the halftone speed of response of TN method for the speed of response of the halftone in the 15th example, and a comparison.

[Drawing 87] It is drawing showing the speed of response of the halftone of other VA methods.

[Drawing 88] It is drawing showing the modification of the projection pattern of the 15th example.

[Drawing 89] It is drawing showing the modification of the projection pattern of the 15th example.

[Drawing 90] It is drawing showing the modification of the projection pattern of the 15th example.

[Drawing 91] It is drawing showing the modification of the projection pattern of the 15th example.

[Drawing 92] It is drawing showing the projection structure of the 16th example of this invention.

[Drawing 93] It is drawing showing the projection pattern of the 16th example.

[Drawing 94] It is drawing showing the panel structure of the 17th example of this

invention.

[Drawing 95] It is drawing showing the panel structure of the 18th example of this invention.

[Drawing 96] It is drawing showing the panel structure of the 19th example of this invention.

[Drawing 97] It is drawing showing the panel structure of the 20th example of this invention.

[Drawing 98] It is drawing showing the panel structure of the modification of the 20th example.

[Drawing 99] It is drawing showing the panel structure of the modification of the 20th example.

[Drawing 100] It is drawing showing the panel structure of the modification of the 20th example.

[Drawing 101] It is drawing showing the panel structure of the 21st example of this invention.

[Drawing 102] It is drawing showing the effect on the orientation division by the panel cross section and assembly which have a projection.

[Drawing 103] It is drawing showing the panel structure of the 22nd example of this invention.

[Drawing 104] It is drawing showing the panel structure of the 23rd example of this invention.

[Drawing 105] It is drawing showing the panel structure of the 24th example of this invention.

[Drawing 106] It is drawing showing the projection pattern adapting the structure of the 24th example.

[Drawing 107] It is drawing showing the

panel structure of the 25th example of this invention.

[Drawing 108] It is drawing showing the structure of the panel which measures the relation between a projection gap and a speed of response.

[Drawing 109] It is drawing showing the relation between a projection gap and a speed of response.

[Drawing 110] It is drawing showing the relation between a projection gap and permeability.

[Drawing 111] It is explanatory drawing of the principle of operation of the 25th example.

[Drawing 112] It is drawing showing the panel structure of the 26th example of this invention.

[Drawing 113] It is drawing showing the viewing-angle property of the panel of the 26th example.

[Drawing 114] It is drawing showing the usual projection pattern.

[Drawing 115] It is drawing showing the wavelength dispersion of the optical anisotropy of liquid crystal.

[Drawing 116] It is drawing showing the projection pattern of the 27th example of this invention.

[Drawing 117] It is drawing showing the difference by the projection gap of the relation between applied voltage and permeability.

[Drawing 118] It is drawing showing the projection pattern of the 28th example of this invention.

[Drawing 119] It is drawing showing the projection pattern of the 29th example of this invention.

[Drawing 120] It is drawing showing the pixel structure of the 29th example.

[Drawing 121] It is drawing showing the projection configuration of the 30th example of this invention.

[Drawing 122] It is drawing showing change of the permeability when changing the height of a projection.

[Drawing 123] It is drawing showing change of the contrast when changing the height of a projection.

[Drawing 124] It is drawing showing the relation between the height of a projection, and the permeability of a white condition.

[Drawing 125] It is drawing showing the relation between the height of a projection, and the permeability of a black condition.

[Drawing 126] It is drawing showing the modification of the 30th example.

[Drawing 127] It is drawing showing the projection configuration of the 31st example of this invention.

[Drawing 128] It is drawing showing the relation of the thickness of the twist angle of the liquid crystal panel of VA method, and a liquid crystal layer.

[Drawing 129] It is drawing showing the relative luminance of a white display of the liquid crystal panel of VA method, and the relation of retardation  $\Delta n d$  of liquid crystal.

[Drawing 130] It is drawing showing the angle wavelength permeability of the liquid crystal panel of VA method, and the relation of retardation  $\Delta n d$  of liquid crystal.

[Drawing 131] It is drawing showing the gap of the liquid crystal panel of an orientation division VA method, and the relation of a speed of response.

[Drawing 132] It is drawing showing the gap of the liquid crystal panel of an orientation division VA method, and the relation of a numerical aperture.

[Drawing 133] It is drawing showing the panel structure of the 32nd example of this invention.

[Drawing 134] It is drawing showing the panel structure of the modification of the 32nd example.

[Drawing 135] It is drawing showing the structure of the TFT substrate of the 33rd example of this invention.

[Drawing 136] It is drawing showing the projection pattern of the 33rd example.

[Drawing 137] It is drawing showing the panel structure of the 34th example of this invention.

[Drawing 138] It is drawing showing the projection pattern of the 34th example.

[Drawing 139] It is drawing showing the manufacture method of the TFT substrate of the 35th example of this invention.

[Drawing 140] It is drawing showing the structure of the TFT substrate of the modification of the 35th example.

[Drawing 141] It is drawing showing the manufacture method of the TFT substrate of the 36th example of this invention.

[Drawing 142] It is drawing explaining the problem by the dielectric on an electrode.

[Drawing 143] It is drawing showing the projection structure of the 37th example of this invention.

[Drawing 144] It is drawing showing the manufacture method of a projection of the 37th example.

[Drawing 145] It is drawing showing the projection structure of the 38th example of this invention.

[Drawing 146] It is drawing showing change of the projection configuration by baking.

[Drawing 147] It is drawing showing change of the cross-section configuration of the resist by burning temperature.

[Drawing 148] It is drawing showing the relation between line breadth and the cross-section configuration of a resist.

[Drawing 149] It is drawing showing the problem in the situation of a height, and spreading of an orientation film.

[Drawing 150] It is drawing showing an example of the projection manufacture method of the 39th example of this invention, and the manufactured projection.

[Drawing 151] It is drawing showing other examples of the projection manufacture method of the 39th example.

[Drawing 152] It is drawing showing other examples of the projection manufacture method of the 39th example.

[Drawing 153] It is the graph which shows reforming by ultraviolet-rays exposure of a resist.

[Drawing 154] It is drawing showing other examples of the projection manufacture method of the 39th example.

[Drawing 155] It is drawing showing other examples of the projection manufacture method of the 39th example.

[Drawing 156] It is drawing showing other examples of the projection manufacture method of the 39th example.

[Drawing 157] It is drawing showing other examples of the projection manufacture method of the 39th example.

[Drawing 158] It is drawing showing the temperature-change conditions of the method of drawing 157.

[Drawing 159] It is drawing showing other examples of the projection manufacture method of the 39th example.

[Drawing 160] It is drawing showing the panel structure of the conventional example of having a black matrix.

[Drawing 161] It is drawing showing the panel structure of the 40th example of this invention.

[Drawing 162] It is drawing showing the projection pattern of the 40th example.

[Drawing 163] It is drawing showing the protection-from-light pattern (black matrix) of the 41st example of this invention.

[Drawing 164] It is the cross section of the 41st example.

[Drawing 165] It is drawing showing the pixel and projection pattern of the 42nd example of this invention.

[Drawing 166] It is drawing showing the conventional panel structure where the spacer was formed.

[Drawing 167] It is drawing showing the panel structure of the 43rd example and modification of this invention.

[Drawing 168] It is drawing showing the panel structure of the modification of the 43rd example.

[Drawing 169] It is drawing showing the panel structure of the modification of the 43rd example.

[Drawing 170] It is drawing showing the manufacture method of the liquid crystal panel of the 44th example of this invention.

[Drawing 171] It is drawing showing the spraying density of a spacer and the relation of a cel gap to the 44th example.

[Drawing 172] It is drawing showing the relation of generating of the unevenness

when applying the spraying density and the force of a spacer in the liquid crystal panel of the 44th example.

[Drawing 173] It is drawing showing the chemical formula of the charge of add-in material for giving the ion adsorption capacity force to a projection.

[Drawing 174] It is drawing showing the chemical formula of the charge of add-in material for giving the ion adsorption capacity force to a projection.

[Drawing 175] It is drawing showing the structure of CF substrate of the 45th example of this invention.

[Drawing 176] It is drawing showing the panel structure of the 46th example of this invention.

[Drawing 177] It is drawing showing the structure of CF substrate of the modification of the 46th example.

[Drawing 178] It is drawing showing other examples of structure of CF substrate of the modification of the 46th example.

[Drawing 179] It is drawing showing other examples of structure of CF substrate of the modification of the 46th example.

[Drawing 180] It is drawing showing other examples of structure of CF substrate of the modification of the 46th example.

[Drawing 181] It is drawing showing other examples of structure of CF substrate of the modification of the 46th example.

[Drawing 182] It is drawing showing other examples of structure of CF substrate of the modification of the 46th example.

[Drawing 183] It is drawing showing a projection and the BM formation method of CF substrate of the 47th example of this invention.

[Drawing 184] It is drawing showing a projection and the BM formation method of CF substrate of the 47th example.

[Drawing 185] It is drawing showing the panel structure of the 47th example.

[Drawing 186] It is drawing showing the BM manufacture method of CF substrate of the 48th example of this invention.

[Drawing 187] It is drawing showing the panel structure of the 48th example.

[Drawing 188] It is drawing showing the manufacture method of CF substrate of the 49th example of this invention.

[Drawing 189] It is drawing showing the panel structure of the 49th example.

[Drawing 190] It is drawing showing the manufacture method of CF substrate of the 50th example of this invention.

[Drawing 191] It is drawing showing the panel structure of the 50th example.

[Drawing 192] It is drawing showing the structure of CF substrate of the 51st example of this invention.

[Drawing 193] It is drawing showing the modification of the 51st example.

[Drawing 194] It is drawing showing the modification of the 51st example.

[Drawing 195] It is drawing showing the modification of the 51st example.

[Drawing 196] It is drawing showing the modification of the 51st example.

[Drawing 197] It is drawing showing the display adapting the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 198] It is drawing showing the configuration of the display in the application of the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 199] It is drawing showing

rotation of the projection pattern in the application of the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 200] It is the flow chart which shows the manufacturing process of the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 201] It is the flow chart which shows the projection formation production process of the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 202] It is drawing showing the configuration of the equipment for forming a projection by printing.

[Drawing 203] It is drawing showing the configuration of a liquid crystal injector.

[Drawing 204] It is drawing showing the example of arrangement of the inlet to a projection with the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 205] It is drawing showing the example of arrangement of the inlet to a projection with the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 206] It is drawing showing the example of arrangement of the inlet to a projection with the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 207] It is drawing showing the electrode structure near the inlet in the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 208] It is drawing showing generating of the abnormalities in a display when polyurethane system resin mixes with the liquid crystal panel of this invention.

[Drawing 209] It is drawing showing the relation between the magnitude of polyurethane system resin, and liquid crystal contamination area size.

[Drawing 210] It is drawing showing the

simulation result which shows the fall of effective voltage to the frequency by the difference of specific resistance.

[Drawing 211] It is drawing showing the simulation result of the charging time value of the charge by the difference of specific resistance.

[Drawing 212] It is drawing showing the simulation result of the charging time value of the charge by the difference of specific resistance.

[Drawing 213] It is drawing showing the configuration of the liquid crystal display of VA method.

[Drawing 214] It is drawing showing the viewing-angle property of the contrast in the liquid crystal display of VA method.

[Drawing 215] It is drawing showing the viewing-angle field which tone reversal produces in the liquid crystal display of VA method.

[Drawing 216] It is drawing showing the configuration of the display which used new VA method panel which has a domain regulation means.

[Drawing 217] It is drawing showing the viewing-angle property of the contrast in the liquid crystal display of new VA method.

[Drawing 218] It is drawing showing the viewing-angle property of the tone reversal in the liquid crystal display of new VA method.

[Drawing 219] It is drawing explaining the property of a phase contrast film.

[Drawing 220] It is drawing showing the configuration of the liquid crystal display of the 52nd example of this invention.

[Drawing 221] It is drawing showing the viewing-angle property of the contrast in the



liquid crystal display of the 52nd example.

[Drawing 222] It is drawing showing the viewing-angle property of the tone reversal in the liquid crystal display of the 52nd example.

[Drawing 223] It is drawing showing the change to the amount of phase contrast of the angle from which the contrast seen from the slant in the liquid crystal display of the 52nd example becomes a predetermined value.

[Drawing 224] It is drawing showing the configuration of the liquid crystal display of the 53rd example of this invention.

[Drawing 225] It is drawing showing the viewing-angle property of the contrast in the liquid crystal display of the 53rd example.

[Drawing 226] It is drawing showing the viewing-angle property of the tone reversal in the liquid crystal display of the 53rd example.

[Drawing 227] It is drawing showing the change to the amount of phase contrast of the angle from which the contrast seen from the slant in the liquid crystal display of the 53rd example becomes a predetermined value.

[Drawing 228] It is drawing showing the configuration of the liquid crystal display of the 54th example of this invention.

[Drawing 229] It is drawing showing the change to the amount of phase contrast of the angle from which the contrast seen from the slant in the liquid crystal display of the 54th example becomes a predetermined value.

[Drawing 230] It is drawing showing the change to the amount of retardations of the liquid crystal of the optimum conditions

about the contrast in the liquid crystal display of the 54th example.

[Drawing 231] It is drawing showing the change to the amount of phase contrast of the marginal angle which does not produce tone reversal in the liquid crystal display of the 54th example.

[Drawing 232] It is drawing showing the change to the amount of retardations of the liquid crystal of the optimum conditions about the tone reversal in the liquid crystal display of the 54th example.

[Drawing 233] It is drawing showing the viewing-angle property of the contrast in the liquid crystal display of the 55th example of this invention.

[Drawing 234] It is drawing showing the viewing-angle property of the tone reversal in the liquid crystal display of the 55th example.

[Drawing 235] It is drawing showing the configuration of the liquid crystal display of the 56th example of this invention.

[Drawing 236] It is drawing showing the viewing-angle property of the contrast in the liquid crystal display of the 56th example.

[Drawing 237] It is drawing showing the viewing-angle property of the tone reversal in the liquid crystal display of the 56th example.

[Drawing 238] It is drawing showing the change to the amount of retardations of the liquid crystal of the optimum conditions about the contrast in the liquid crystal display of the 56th example.

[Drawing 239] It is drawing showing the configuration of the liquid crystal display of the 57th example of this invention.

[Drawing 240] It is drawing showing the

viewing-angle property of the contrast in the liquid crystal display of the 57th example.

[Drawing 241] It is drawing showing the viewing-angle property of the tone reversal in the liquid crystal display of the 57th example.

[Drawing 242] It is drawing showing the change to the amount of retardations of the liquid crystal of the optimum conditions about the contrast in the liquid crystal display of the 57th example.

[Drawing 243] It is drawing showing the configuration of the liquid crystal display of the 58th example of this invention.

[Drawing 244] It is drawing showing the viewing-angle property of the contrast in the liquid crystal display of the 58th example.

[Drawing 245] It is drawing showing the viewing-angle property of the tone reversal in the liquid crystal display of the 58th example.

[Drawing 246] It is drawing showing the change to the amount of retardations of the liquid crystal of the optimum conditions about the contrast in the liquid crystal display of the 58th example.

[Drawing 247] It is drawing showing the configuration of the liquid crystal display of the 59th example of this invention.

[Drawing 248] It is drawing showing the viewing-angle property of the contrast in the liquid crystal display of the 59th example.

[Drawing 249] It is drawing showing the viewing-angle property of the tone reversal in the liquid crystal display of the 59th example.

[Drawing 250] It is drawing showing the change to the amount of retardations of the liquid crystal of the optimum conditions

about the contrast in the liquid crystal display of the 59th example.

[Drawing 251] It is drawing showing the change to the amount of retardations of the liquid crystal of the optimum conditions about the contrast in the liquid crystal display of the 59th example.

[Drawing 252] It is drawing showing the measurement result of the property of the liquid crystal panel of the 32nd example of this invention.

[Drawing 253] It is drawing showing change of the ion density when performing processing which gives the ion adsorption capacity force to a projection.

[Drawing 254] It is drawing showing the manufacture method of the liquid crystal panel of the modification of the 51st example of this invention.

[Drawing 255] It is drawing showing the projection pattern and cross-section structure of a modification of the 2nd example.

[Drawing 256] It is drawing showing the projection pattern of the modification of the 2nd example.

[Drawing 257] It is drawing showing the projection pattern and cross-section structure of a modification of the 16th example.

[Drawing 258] It is drawing showing arrangement of the auxiliary projection in the modification of the 10th example.

[Description of Notations]

9 -- Pixel

11 15 -- Polarizing plate

12 -- CF lateral electrode

13 -- Pixel electrode

14 -- Liquid crystal molecule

- 16 17 -- Glass substrate
- 18 19 -- Electrode
- 20, 20A, 20B -- Domain regulation means  
(projection)
- 21 -- Domain regulation means (slit)
- 22 -- Perpendicular orientation film
- 23 -- Domain regulation means (hollow)
- 31 -- Gate bus
- 32 -- Address bus
- 33 -- TFT
- 34 -- Protection from light film
- 35 -- CS electrode
- 41 -- Source
- 42 -- Drain
- 45 -- Spacer